

ARTERIA OPHTHALMICA
RADIOANATOMIE UND BEWEGUNGSSTUDIEN

LUDWIG ERTL

1986

AUS DER NEURORADIOLOGISCHEN ABTEILUNG
(Abteilungsvorsteher: Prof. Dr. K. Decker †)
DER PSYCHIATRISCHEN KLINIK UND POLIKLINIK DER
UNIVERSITÄT MÜNCHEN
(Direktor: Prof. Dr. H. Hippus)

Arteria ophthalmica
Radioanatomie und Bewegungsstudien

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von Ludwig Ertl
aus
München - Oberhaching

Oberhaching 1986

**Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Universität München**

Berichterstatter: Prof. Dr. H. Hippius

Mitberichterstatter: Prof. Dr. J. Lissner
Prof. Dr. A. Kampik

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 30. 07. 1986

Gewidmet in Dankbarkeit
meinen Eltern

	Seite
I. EINLEITUNG - Problemstellung	1
II. UNTERSUCHUNGS - UND AUFNAHMETECHNIK	3
1. transfemorale Katheterangiographie	3
2. Filmdokumentation und Filmverarbeitung	4
III. RADIOANATOMIE DER ARTERIA OPHTHALMICA	7
1. anatomische Übersicht	7
2. Analyse der eigenen Ophthalmica-angiogramme	11
a. Abgang der A. ophthalmica	12
b. Verlauf der A. ophthalmica	14
c. Plexus chorioideus	36
d. Äste der Ophthalmica	37
IV. BEWEGUNGSSTUDIEN DER ARTERIA OPHTHALMICA UND IHRER ÄSTE	50
1. konstante Gefäßverläufe	52
2. Änderungen bei Blickrichtungs- und Augenlidbewegungen	53
a. Änderungen am Ophthalmicastamm	53
b. Änderungen am Augenbulbus	59
c. Änderungen an Aufzweigungen der Ophthalmica	60
d. Änderungen an Augenlidarterien	61
V. DISKUSSION DER ERGEBNISSE	64
1. Radioanatomie	64
2. Bewegungsstudien	69
VI. ZUSAMMENFASSUNG	71
VII. LITERATURVERZEICHNIS	72

I. EINLEITUNG - Problemstellung

Die Arteria ophthalmica ist im Serienangiogramm der Arteria carotis interna regelmäßig erkennbar. (DECKER und SCHLEGEL 1957) (12). Es wurde deshalb versucht, die Darstellung der A. ophthalmica zur Diagnostik intraorbitaler Raumforderungen, Gefäßmißbildungen und Durchblutungsstörungen zu nutzen. Seit die von HOUNSFIELD 1969 (20) entwickelte Computertomographie auch für die Diagnostik der Orbita herangezogen wird, haben die Indikationen zur Angiographie einen Wandel erfahren. Sie ist heute für die Tumordiagnostik weniger auf die Feststellung des Vorhandenseins von Raumforderungen, als auf die praeoperative Klärung der Gefäßversorgung ausgerichtet und hilft mit, vaskuläre Prozesse, z.B. arterio-venöse Gefäßmißbildungen, in Einzelheiten zu erfassen (WENDE und AULICH 1976) (42).

Neuere Untersuchungsmethoden erlauben, feinste Ophthalmica-Äste besser zu erkennen, selbst Arterienverläufe unter Augenbulbus- und Lidbewegungen zu dokumentieren (DECKER und KUNKEL 1981) (11). Die topographisch-anatomische Zuordnung kann allerdings Schwierigkeiten bereiten, je mehr feine Gefäße aus verschiedenen, hintereinanderliegenden Ebenen übereinander projiziert werden. Anders als in den anatomischen Studien von LANZ und WACHSMUTH (1980) (27) und den radio-anatomischen Studien an Injektionspräparaten von Arterien von SALAMON und MITARB. (1965) (36) ist die eindeutige Zuordnung von Arterien in anterior-posterioren und seitlichen Angiogrammen oft nicht möglich, so daß zusätzliche Aufnahmeebenen erforderlich sind.

Die folgende Arbeit hat das Ziel, unter Berücksichtigung verbesserter Untersuchungs- und Aufnahmetechniken anhand von Angiogrammen die A. ophthalmica und ihre Äste zu studieren, um Arterienhauptstamm und Aufzweigungen zu differenzieren. Zusätzlich werden Gefäßverläufe nach Augen- und Lidbewegungen analysiert. Zur Auswertung kamen Ver-

größerungsangiogramme nach selektiver Darstellung der A. carotis interna unter Einbeziehung von Subtraktionsaufnahmen, angefertigt in der Neuroradiologischen Abteilung der Psychiatrischen Klinik und Poliklinik der Universität München.

II. UNTERSUCHUNGS- UND AUFNAHMETECHNIK

Die Darstellung der Gefäßversorgung der Orbita erfolgt mit der Katheterangiographie. Sie ist heute die Methode der Wahl in der zerebralen Angiographie, da sie auch von einem weniger erfahrenen Untersucher risikoärmer als die Direktpunktion der A. carotis communis durchzuführen ist, insbesondere, wenn bestimmte Regeln der klinisch-neuroradiologischen Behandlung, der technischen Überwachung und Sicherung während der Angiographie, wie laufende Elektrokardiogramm- und Pulskontrolle, Blutdruckmessung eingesetzt und die Regeln der gefäßschonenden Angiographie (Fußpulskontrolle, Kontrastmittelwahl, individuelle Formung der Katheterspitze, kontrollierte Injektion) beachtet werden. (KUNKEL und MAYER 1978) (24). Bewegungsstudien sind an Halsgefäßen nur durchführbar, wenn mittels Katheter untersucht wird. Die A. ophthalmica läßt sich zwar auch nach Direktpunktion der A. carotis communis oder der A. carotis interna am Halse untersuchen, doch ist die selektive, getrennte Darstellung der Carotis interna und der Carotis externa nicht immer gewährleistet.

1. transfemorale Katheterangiographie

Wegen der Gefahr der Nachblutung oder einer stärkeren Gefäßwandverletzung werden möglichst dünne Punktionskanülen, Führungsdrähte und Katheter verwendet. So weist der Becton- und Dickinson-Formocath-blue Katheter einen äußeren Durchmesser von 1,57 mm und einen inneren von 1,14 mm auf. Nach Punktion der A. femoralis wird der Katheter über den Führungsdraht zum Aortenbogen und dann unter Durchleuchtungskontrolle in die A. carotis communis vorgeschoben. Nachdem eine Halsteilübersichtsaufnahme zur Erkennung eventueller Gefäßanomalien oder Stenosen im Bereich der Carotisgabel angefertigt ist, erfolgt die Katheterisierung der Carotis interna und/oder der Carotis externa. Hierbei wird das Kon-

trastmittel zunächst in die A. carotis interna, im weiteren in die A. maxillaris, eventuell auch in die A. facialis, A. temporalis superficialis und A. meningea media, also in die Äste oder Unteräste der A. carotis externa injiziert, die zur Gefäßversorgung der Orbita und ihrer Wandungen beitragen können (DECKER und KUNKEL 1977, 1981) (10,11).

Mit Einführung nichtionischer Röntgenkontrastmittel, manuell injiziert, werden Visusstörungen aufgrund von Durchblutungsstörungen der Ophthalmica nicht mehr beobachtet. Nichtionische Röntgenkontrastmittel haben zusätzlich die Eigenschaft, daß nur selten Schmerzreaktionen, insbesondere in den empfindlichen Gesichtspartien auftreten. Das ist wiederum unerlässlich für das Gelingen einwandfreier Subtraktionen, die erst die kleineren Gefäße gegenüber den Knochenstrukturen der Schädelbasis erkennen lassen.

2. Filmdokumentation und Filmverarbeitung

Seit der Einführung des Bildverstärkers waren Großformataufnahmen vor dem Eingangsschirm nur schwer anzufertigen, Serienaufnahmen waren unmöglich. Deshalb verwendete man zur Aufzeichnung des Füllungsvorganges der Gefäße entweder Röntgenkinofilme, die in rascher, oder Mittelformataufnahmen, die in langsamer Serienfolge belichtet wurden. Für die Auflösung von Einzelheiten (Detailerkennbarkeit) war aber das Großformat nicht zu entbehren (DECKER 1976) (7). Die Einführung eines Sichtwechslers vor dem Bildverstärker, der es erlaubt, von der Durchleuchtung sofort auf Serienaufnahmen im Großformat umzuschalten, war deshalb für die Darstellung kleinerer Gefäße, wie der A. ophthalmica, insbesondere bei der Aufzeichnung von Bewegungsvorgängen, von großem Nutzen. Mit dem Durchsichtwechsler sind Aufnahmeserien bis zu 6 Bildern in der Sekunde möglich. Normalerweise, wenn es sich nicht gerade um die Darstellung arteriovenöser Mißbildungen oder Fisteln handelt, sind Serien

mit 1 Aufnahme pro Sekunde ausreichend. Bei dieser langsamen Bildfolge kann aufgrund der längeren Expositionszeit ein größerer Kontrastreichtum erreicht werden, so wird eine höhere Aussagekraft der Aufnahmen erzielt. Da der Wechsler an einem Deckenstativ frei beweglich verankert ist, sind ohne Veränderung des Patienten, allein durch Verschiebung des Wechslers und der Röhre, Vergrößerungen bis auf das Doppelte möglich. (DECKER 1976) (7). Bei der direkten Röntgenvergrößerung wird nach geometrischen Gesetzen, durch Veränderung der Position des Objekts zwischen Fokus und Film, eine unterschiedliche Vergrößerung des Objekts auf der Aufnahme erreicht. Für die zweifache Vergrößerung wird dementsprechend ein Film-Fokus-Abstand von 130 cm und ein Film -Objekt-Abstand von 65 cm gewählt. Um die geometrische Unschärfe bei dieser Vergrößerung gering zu halten, sind hochbelastbare Röntgenröhren mit kleinem Fokus nötig. Für die zweifache Vergrößerung wird eine Röntgenröhre mit einem Fokus von 0,3 mm verwendet. Mit dieser Anordnung können Gefäße mit einem Durchmesser von 0,15 mm an dargestellt werden.

Das Subtraktionsverfahren ist neben anderen Faktoren, wie verbesserten Kontrastmitteln, selektiver Injektion über den Katheter und direkter Röntgenvergrößerung, im Bereich der Orbita für die Detaillierkennbarkeit feiner Gefäßstrukturen unentbehrlich. Da nämlich die Arterien der Orbita von den knöchernen Strukturen der Orbitawände und der Schädelbasis überlagert werden, sind im normalen Angiogramm feinere Gefäßstrukturen vor allem zwischen Knochenleisten, wegen des zu geringen Dichteunterschiedes zwischen Kontrastmittelgefülltem Gefäß und umgebendem Knochen, nur selten erkennbar. Die Methoden der Subtraktion (formuliert durch ZIEDESSES-DESPANTES, 1962) (43), dienen dazu, die Knochenstrukturen, die die Auswertung des Angiogramms erschweren oder unmöglich machen, auszulöschen. Als Maßstab für die Qualität der Subtraktion kann die Erkennbarkeit kleinerer Äste der Ophthalmica, unter anderem der A. meningea anterior, verwendet

werden (DECKER/BACKMUND 1968) (8). Die Bilddokumentation erfolgt auf Medichromefilm von Agfa-Gevaert. Zur photographischen Subtraktion wird von dem ersten Bild der Angiographieserie, dem Leerbild, durch Umkopierung ein Röntgenpositiv, die Maske angefertigt, das mit dem zu subtrahierenden arteriellen- oder venösen Füllungsbild im Sandwich-Verfahren zur Deckung gebracht und auf einen Medichrome-Printfilm belichtet wird.

III. RADIOANATOMIE DER ARTERIA OPHTHALMICA

1. anatomische Übersicht

Die A. ophthalmica entspringt als erster größerer Ast der A. carotis interna im Bereich des Durchtritts durch die Dura, in der Regel nach deren Austritt aus dem Sinus cavernosus, meist von der Medialseite des Gefäßes. (Abb. 1a, 1b). Sie liegt hier unterhalb oder medial des Nervus opticus (KRAYENBÜHL, 1958) (21). Sie kann aber von der ganzen vorderen Konvexität des Carotissiphons, in seltenen Fällen schon im Sinus cavernosus oder erst im Bereich der Basalzisterne abgehen (DECKER und SCHLEGEL, 1957) (12). Andere atypische Ursprungsorte der A. ophthalmica sind:

- A. meningea media (DECKER und KELLER, 1961) (12)
- A. cerebri anterior (VIGNAUD u. MITARB., 1974) (40)
- A. cerebri media (LOMBARDI, 1969) (29)
- A. communicans posterior (LOMBARDI, 1969) (29)

Solche ungewöhnlichen Ursprungsorte sind durch die embryologische Entwicklung der Ophthalmica zu erklären. Sie liegen vor, wenn im Rahmen von Obliterationsvorgängen im embryonalen Gefäßnetz, das zur Versorgung der Orbita beiträgt, die Anlage der "normalen" A. ophthalmica nicht ausgebildet wird, wie zum Beispiel bei Hypo- oder Aplasie der A. carotis interna. Der Verlauf der A. ophthalmica wird üblicherweise nach HAYREH und DASS (18) unterteilt in den intrakraniellen, intrakanalikulären und intraorbitalen Abschnitt.

Im intrakraniellen Abschnitt verläuft die Arterie subdural nach vorn und lateral zum Canalis opticus.

Im intrakanalikulären Abschnitt tritt die Ophthalmica unterhalb des Nervus opticus in den Canalis opticus ein, perforiert dabei die Dura und verläßt den Kanal an seiner vor-

deren Öffnung, an der Lateralseite des Nervus opticus, jetzt nur noch locker fixiert im periduralen Gewebe.

Im intraorbitalen Abschnitt sind drei Segmente zu unterscheiden;

1. das infraoptische, 2. das laterooptische und 3. das supraoptische Segment.

1) Infraoptisches Segment: das Gefäß verläuft hier vom Eintritt in die Orbita an bis zur Kreuzung des N. opticus an dessen Unterseite.

2) Laterooptisches Segment: dieses bezeichnet die häufig bajonettförmige Kreuzung der Ophthalmica von der latero-caudalen zur mediocranialen Seite des Nerven. Die Kreuzung kann lateral über den Nerven (in 82,6 % nach HAYREH und DASS, 1968) (18) oder medial, unter ihm hindurch, erfolgen. Bei der Unterkreuzung (in 17,4 % nach HAYREH und DASS (18)) sind wieder zwei Varianten möglich:

Typ I : die Arterie verläßt den Nerven schon an dessen unterer Seite,

Typ II : sie umschlingt ihn und verläßt ihn erst an der mediocranialen Seite.

3) Supraoptisches Segment: Es umfaßt den Abschnitt von der Kreuzung bis zur Aufteilung in die Endäste. Die Arterie verläuft hier vom N. opticus zur medialen Orbitawand, um anschließend, erst innerhalb des orbitalen Muskeltrichters, zwischen Musculus rectus medialis und M. obliquus superior, dann extramuskulär unter der Trochlea des M. obliquus superior hindurch zum mediocranialen Rand der Orbita zu ziehen, wo sie sich in die Endäste aufteilt.

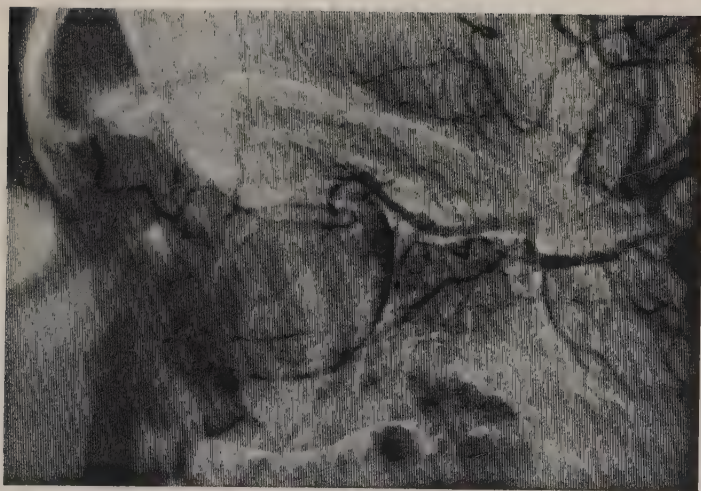


Abb. 1a

Die A. ophthalmica im seitlichen Angiogramm.
Direkte zweifache Vergrößerung.

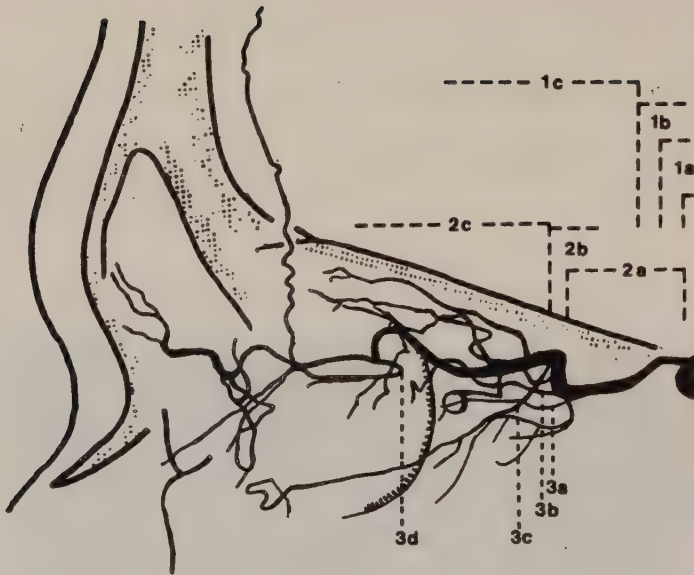


Abb. 1b

Schematische Übersicht der A. ophthalmica mit radioanatomischer Einteilung der Verlaufsstrecken.

1. Anatomische Abschnitte

- a - intrakraniell
- b - intrakanalikulär
- c - intraorbital

2. Radiologische Segmente

- a - infraoptisch
- b - laterooptisch
- c - supraoptisch

3. Einzelarterien

- a - A. centralis retinae
- b - Aa. ciliares posteriores longae
- c - A. muscularis inferior
- d - A. ethmoidalis anterior

2. Analyse der eigenen Ophthalmicaangiogramme.

Untersucht wurden 79 Vergrößerungsangiogramme der Arteria ophthalmica, die an der Neuroradiologischen Abteilung der Psychiatrischen Klinik und Poliklinik der Universität München in den Jahren 1978 bis 1981 angefertigt wurden.

43 Angiogramme von 36 Patienten lagen in zweifacher Vergrößerung vor, 36 Angiogramme von 29 Patienten in 1,3-facher Vergrößerung. Lediglich zwei Patienten wiesen eine Darstellung der A. ophthalmica über die A. carotis externa auf.

Die Untersuchungen wurden aufgrund unterschiedlicher ophthalmologischer und neurologischer Indikationen, meist im Rahmen der Tumordiagnostik bei Sehstörungen vorgenommen. Nicht verwertet wurden Bilder mit eindeutig pathologischen Befunden im Versorgungsgebiet der A. ophthalmica, wie z.B. Sinus-Cavernosus-Fisteln oder Gefäßmißbildungen, die durch die Weite der zuführenden Arterien keine genaue Beurteilung erlaubten. Ausgeschlossen wurden auch Bilder mit Orbitatumoren, da Gefäßverlagerungen und pathologische Arterien keine exakten anatomischen Studien zuließen.

Ausgewertet wurden die Angiogramme von 65 Patienten. Untersucht wurden 38 männliche, und 27 weibliche Patienten im Alter von 9 bis 89 Jahren, zumeist (70 %) im Alter von 20 bis 60 Jahren. Beiderseitige Angiogramme lagen in zweifacher Vergrößerung von 7 Patienten, in 1,3-facher Vergrößerung ebenfalls von 7 Patienten vor, während an einseitigen Darstellungen 18 rechtsseitige und 11 linksseitige Angiogramme direkt zweifach vergrößert vorlagen gegenüber jeweils 11 rechts- und linksseitigen Darstellungen mit 1,3-facher Vergrößerung.

a) Abgang der A. ophthalmica (Abb. 2 a - c)

Für die Bestimmung des Abgangsortes konnten 73 von 79 Vergrößerungsangiogrammen herangezogen werden. In der überwiegenden Mehrzahl (71 = 97,3 %) liegt der radiologische Ursprungsort der A. ophthalmica am abführenden, nach hinten ansteigenden Schenkel des Carotissiphons, und zwar mit etwa gleicher Häufigkeit am Übergang der Konvexität des Siphons in den abführenden Schenkel, wie am abführenden Schenkel selbst, jedoch weiter dorsal; lediglich in zwei Fällen entspringt sie vom zuführenden Schenkel, also vom intrakavernösen Teil des Siphons. Zusätzlich wurde die Lage des Ursprungsortes zu abgrenzbaren Knochenstrukturen des Röntgenbildes, und zwar zum oberen Rand der vorderen Klinoidfortsätze des Keilbeins in 57 Fällen, in denen die Ophthalmica aus dem abführenden Schenkel des Siphons entspringt, untersucht, s. Tabelle 1.

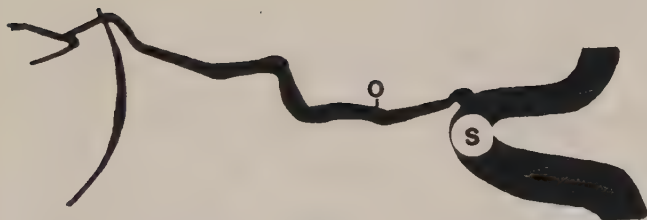
Tabelle 1: Höhe des Ophthalmicaabganges in Beziehung zum oberen Rand der vorderen Klinoidfortsätze des Keilbeines (57 Fälle).

	Anzahl (%)
supraklinoidal:	12 (21,1%)
in Höhe der Klinoidfortsätze:	4 (7,0%)
infraklinoidal:	41 (71,9%)
Summe:	57 (100 %)

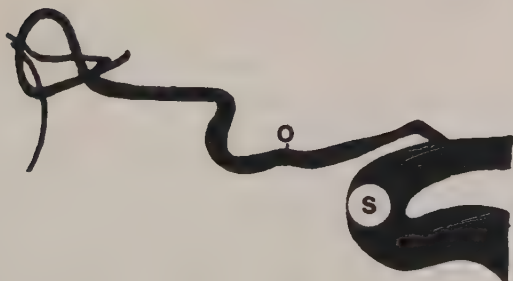
Zur Ergänzung seien an dieser Stelle zwei Fälle erwähnt, in denen sich die A. ophthalmica bei der Externaangiographie über einen vorderen Ast der A. meningea media darstellte.



2 a



2 b



2 c

Abb. 2 a - c Abgang der A. ophthalmica vom Carotissiphon

s - Carotissiphon

o - A. ophthalmica

2a - Abgang vom intrakavernösen zuführenden Siphonschenkel

2 Fälle = 2,7 % (2 Pat.)

2b - Abgang vom ventralen abführenden Siphonschenkel

35 Fälle = 48,0 % (35 Pat.)

2c - Abgang vom dorsalen abführenden Schenkel

36 Fälle = 49,3 % (36 Pat.)

b) Verlauf der A. ophthalmica.

Im seitlichen Röntgenbild läßt sich in den Fällen mit typischem Ursprung der Ophthalmica eine Unterteilung treffen, die der anatomischen sehr ähnlich ist. Zu unterscheiden sind drei Abschnitte:

1. ein infraoptisches Segment
2. ein laterooptisches Segment
3. ein supraoptisches Segment

Die verschiedenen Segmente werden im folgenden näher analysiert.

Im infraoptischen Segment, das insgesamt unterhalb des N. opticus gelegen ist, lassen sich wiederum zwei Abschnitte unterscheiden. Ein kürzerer, unmittelbar nach dem Abgang, mit stärkeren Richtungsänderungen, der dem praekanalikulären Verlauf (vor Eintritt in den Canalis opticus) entspricht, und ein längerer, in einem Teil der Fälle völlig gestreckt verlaufender bis zur Kreuzung des N. opticus, der den intra- und postkanalikulären Verlauf einschließt (DILENCE 1965) (15). Die Arterie verläuft bei typischem Ursprung (vom abführenden Schenkel des Siphons, wie in 62 Angiogrammen) im praekanalikulären Abschnitt vom Abgang in der seitlichen Projektion mehr oder weniger steil nach vorne oben, oder auch, allerdings relativ selten, horizontal nach vorn, s. Tabelle 2.

Tabelle 2: Richtung des Abgangs bei typischem Ursprung
in 62 Angiogrammen.

	Fallzahl(%)
nach vorne oben - steiler als Orbitadach:	33 (53,2 %)
- weniger steil als Orbitadach:	22 (35,5 %)
nach vorne horizontal:	7 (11,3 %)
Summe:	62 (100 %)

Darauf folgt in allen Fällen eine Richtungsänderung nach unten, die in der Mehrzahl der Fälle (44 = 71 % von 62 Fällen) die Form eines Knicks hat. Sie kann aber auch (in 17 Fällen = 27,44 %) unter der Form eines Bogens oder Halbkreises oder auch, wie in einem Fall (1,6 %), einer Schleife erfolgen. Eine zweite Richtungsänderung, mit der die Richtung der Arterie vor Beginn der intrakanalikulären Strecke meist nach oben, seltener nach unten, korrigiert wird, findet sich nur noch in der Hälfte der Fälle. Der Durchmesser in der praekanalikulären Strecke ist variabel. Eine infundibuläre Erweiterung nach dem Abgang aus dem Siphon tritt nur selten auf. Etwas häufiger ist eine langsame Zunahme des Durchmessers zu beobachten, in mehr als der Hälfte der Fälle jedoch eine Abnahme vor Beginn der intrakanalikulären Strecke. Diese Verengung erfolgt meist nach der ersten Richtungsänderung oder (in 9 von 34 Fällen), falls eine zweite vorhanden ist, an dieser zweiten Richtungsänderung, nur in einem Fall später. In knapp einem Viertel der Fälle ist der Durchmesser in der praekanalikulären Strecke konstant.

Die intrakanalikuläre Strecke der A. ophthalmica, der zweite Abschnitt des infraoptischen Segmentes, ist bestimmbar mit Hilfe der zweiten praekanalikulären Richtungsänderung oder einer Abnahme des Durchmessers der Arterie am Ende der praekanalikulären Strecke. Diese beiden Merkmale sind jeweils in etwa der Hälfte der Fälle vorhanden. Im Canalis opticus selbst verläuft die Ophthalmica leicht nach vorn abfallend und imponiert dabei in zwei Drittel der Fälle als gerade Strecke, in den übrigen Fällen geschlängelt, sehr selten als nach vorn oben konkaver oder konvexer Bogen.

Die postkanalikuläre Strecke bedeutet den dritten Abschnitt des infraoptischen Segments. Sie ist in Abhängigkeit vom Ort der Kreuzung des N. opticus durch die Ophthalmica, als intraorbitale Fortsetzung des infraoptischen Segmentes vor-

handen, wenn die Ophthalmica nicht sofort nach Eintritt in die Orbita, sondern erst später den Nerven kreuzt.

Dies läßt sich in 54 (= 78,9 %) von 69 hier verwertbaren Fällen beobachten. Wenn die Arterie dagegen, wie in 15 Fällen (= 21,1 %), sofort nach Eintritt in die Orbita die Unterseite des Nerven verläßt, dann fehlt eine postkanalikuläre Strecke des infraoptischen Segments. In diesen Fällen zeigt sich am Ende des intrakanalikulären, bzw. am Beginn des postkanalikulären (intraorbitalen) Verlaufs eine ausgeprägte Richtungsänderung nach oben, die die Form eines Knicks oder einer engen Schlinge hat. Aber auch wenn der infraoptische Verlauf in der Orbita fortgesetzt wird, findet sich eine Richtungsänderung oder eine Zunahme des Durchmessers der Arterie. Mit Hilfe dieser beiden Merkmale ist eine Bestimmung des Punktes, an dem das Gefäß den Canalis opticus verläßt und in die Orbita eintritt, in 46 Fällen (= 85,2 % von 54 Fällen) möglich.

In der postkanalikulären Strecke weist das infraoptische Arteriensegment in 25 % die gleiche Verlaufsrichtung wie in der intrakanalikulären auf. Einen im Vergleich dazu ansteigenden Verlauf weisen 55,6 % auf, einen abfallenden 18,7 %.

Bis zur Kreuzung des Nerven behält die Arterie in 38 Angiogrammen (70,3 %) im wesentlichen die einmal eingeschlagene Richtung bei, in der Hälfte dieser Fälle mit einem geraden Verlauf, in der anderen Hälfte mit leichten Windungen. In 13 Fällen sind zwei unterschiedliche Abschnitte nach der Verlaufsrichtung zu trennen, von denen der erste leicht ansteigt oder eine leicht abfallende Richtung zeigt, der zweite aber immer einen caudal abfallenden Verlauf bietet. In lediglich 3 Fällen wurde eine einzige, nach cranial konvexe Schlinge gefunden.

Die Untersuchungen des Durchmessers der Arterie bei Eintritt in die Orbita zeigen, daß zur Frage der Abgrenzbarkeit von intra- und postkanalikulärem Teil des infraoptischen Segments, die Ophthalmica eine plötzliche Erweiterung beim Eintritt in die Orbita in 16 Fällen bietet gegenüber einer langsamen Zunahme des Durchmessers über die gesamte Verlaufsstrecke vom Eintritt in die Orbita bis zum Beginn des laterooptischen Segments in 20 Angiogrammen. Auch die meisten Angiogramme, in denen eine sofortige Kreuzung des Nerven zu beobachten ist, zeigen eine plötzliche oder auch langsame Zunahme des Durchmessers, so daß insgesamt die Ophthalmica beim Eintritt in die Orbita eine Erweiterung in 69,3 % (in 45 Fällen von 65 Angiogrammen) erfährt.

Keine eindeutige Erweiterung der Ophthalmica ließ sich bei 30,7 % (20 AG) der untersuchten 65 Angiogramme feststellen.

Wird der Durchmesser an der ersten und stärksten Abkrümmung der Ophthalmica, am Ende des infraoptischen Segments, untersucht, so findet sich eine Weite bis zu 0,5 mm in einem Fall, in 14 Fällen von 0,5 mm - 1 mm, in 18 Fällen von 1 mm - 1,5 mm.

Bevor auf dem weiteren Normalverlauf der Ophthalmica im laterooptischen Segment und die verschiedenen Varianten der Kreuzung des N. opticus eingegangen wird, sollen im folgenden kurz die Besonderheiten des Arterienverlaufs bei intracavernösem Ursprung und bei Darstellung der Ophthalmica über die A. carotis externa ausgeführt werden, da sich starke Abweichungen vom normalen Verlauf gerade gegenüber dem infraoptischen Segment vom Abgang bis zur Kreuzung des N. opticus zeigen.

In zwei Angiogrammen läßt sich nach dem Abgang aus dem intracavernösen Siphonabschnitt ein sehr kurzes, steil nach caudal abfallendes Verlaufsstück feststellen, hiernach steigt die Arteria ophthalmica nach einem Knick in einem leichten, nach vorn konvexen Bogen steil an bis zu

einem Punkt, der vor und etwas unterhalb des Tuberculum sellae liegt. Dieser Punkt ist als Fissura orbitalis superior zu betrachten, durch die die intracavernöse entspringende Ophthalmica in die Orbita eintritt (DILENCE, 1965) (15). In einem Angiogramm zeigt die Ophthalmica nach dem Eintritt in die Orbita einen Knick nach facial und verläuft, immer supraoptisch, geradlinig und leicht ansteigend bis nahe der Kontur des Augenbulbus, von hier verläuft sie steil nach cranial zur medialen Orbitawandung. Im zweiten Angiogramm folgt auf die steil ansteigende intrakranielle Strecke eine steil absteigende, die mit einer ausgeprägten, nach cranial offenen Schlinge den N. opticus unterkreuzt. Hier ist also, im Gegensatz zum ersten Angiogramm, ein infraoptischer (und auch ein laterooptischer) Verlauf ausgeprägt.

Die Darstellung der Augenarterien kann nicht nur durch die angiographische Darstellung der A. carotis interna erfolgen, sondern auch über die A. carotis externa. Zwei Angiogramme zeigen diese Ophthalmicadarstellung nach Externa-angiographie (Abb. 3 a, b). Hier kommt es über einen R. anterior der A. meningea media, zur Darstellung der A. ophthalmica. Dieser Meningealast verläuft in beiden Fällen von einem Punkt, der sich etwas vor und unterhalb des Bodens der Sella turcica projiziert, nach vorne cranial bis zu einer Höhe, die etwa dem Tuberculum sellae entspricht. In einem Angiogramm wird ein leichter, nach cranial konkaver Bogen beobachtet, es folgt dann die Mündung des Gefäßes in das laterooptische Segment der Ophthalmica, wobei noch ein kurzes Stück des infraoptischen Segments gefüllt wird.

In dem zweiten Angiogramm verläuft der R. anterior der Meningea media in einem stärker gekrümmten Bogen, so daß er weiter dorsal als im ersten Angiogramm die Höhe des Tuberculum sellae erreicht. Hier ist demzufolge noch ein leicht ansteigendes Stück zwischengeschaltet, bevor der Ast vom laterooptischen Segment der Ophthalmica an deren normalen Verlauf fortsetzt. (Abb. 3 a, b).

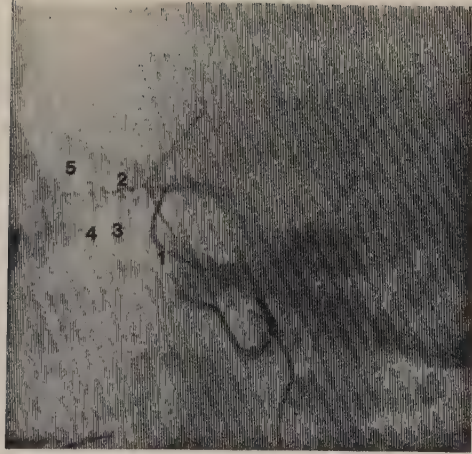


Abb. 3 a

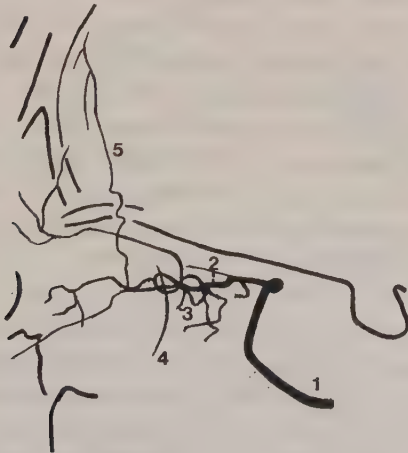


Abb. 3 b

Abb. 3 a, b: Röntgenbild (a) und Skizze (b) der Ophthalmicadarstellung über die A. carotis externa.
1 = A. meningea media, 2 = A. ophthalmica,
3 = A. ciliaris posterior longa, 4 = Bulbus,
5 = A. meningea anterior

In diesen beiden Fällen, in denen die A. ophthalmica über Äste der A. carotis externa gefüllt ist, sind infra- und laterooptisches Segment nicht oder nur teilweise dargestellt, so daß sie bei der Ermittlung der Kreuzungsvarianten nicht berücksichtigt werden.

Mit dem laterooptischen Segment, dem zweiten Segment des Normalverlaufs der A. ophthalmica, wird die Arterienstrecke bezeichnet, mit der das Gefäß von der Unter- zur Oberseite des Sehnerven gelangt, in dessen Bindegewebshülle sie hier noch verläuft. Die Lage dieser Gefäßstrecke zwischen Eintritt der Arterie in die Orbita und dem Verlauf zur medialen Orbitawand ist entscheidend dafür, ob in seitlichen Aufnahmeprojektionen die typische Bajonettform sichtbar wird.

Erfolgt die Kreuzung nicht sofort bei Eintritt in die Orbita, so bildet die Ophthalmica mit ihrem intraorbitalen Verlauf die typische Form eines Bajonetts mit den oft parallelen infra- und supraoptischen Abschnitten. (HAYREH 1962(18)). Wenn die Arterie erst unmittelbar retrobulbär kreuzt, ist der zweite, supraoptische, der beiden parallel verlaufenden Abschnitte nicht ausgebildet, bei Kreuzung sofort nach Eintritt in die Orbita fehlt dagegen der erste infraoptische Abschnitt. Diese drei möglichen Varianten und ihrer Häufigkeit sind in Abbildung 4 a - c dargestellt. Als häufigste Variante ergibt sich diejenige "mit vollständigem Bajonett".

Ob eine Über- oder Unterkreuzung (bei Verlauf an seiner Lateral- bzw. Medialseite) des Nerven erfolgt, ist allein aus der seitlichen Projektionsrichtung nicht zu ersehen. Lediglich die Variante mit "fehlendem supraoptischen Teil" des Bajonetts soll nach VIGNAUD (1972) (39) und DILENGE (1965) (15) dem Typ I der Unterkreuzung des Nerven zuzuordnen sein, bei der die Arterie zur medialen Orbitawand verläuft, ohne überhaupt Kontakt zur medialen oder lateralen Seite des Nerven zu bekommen.

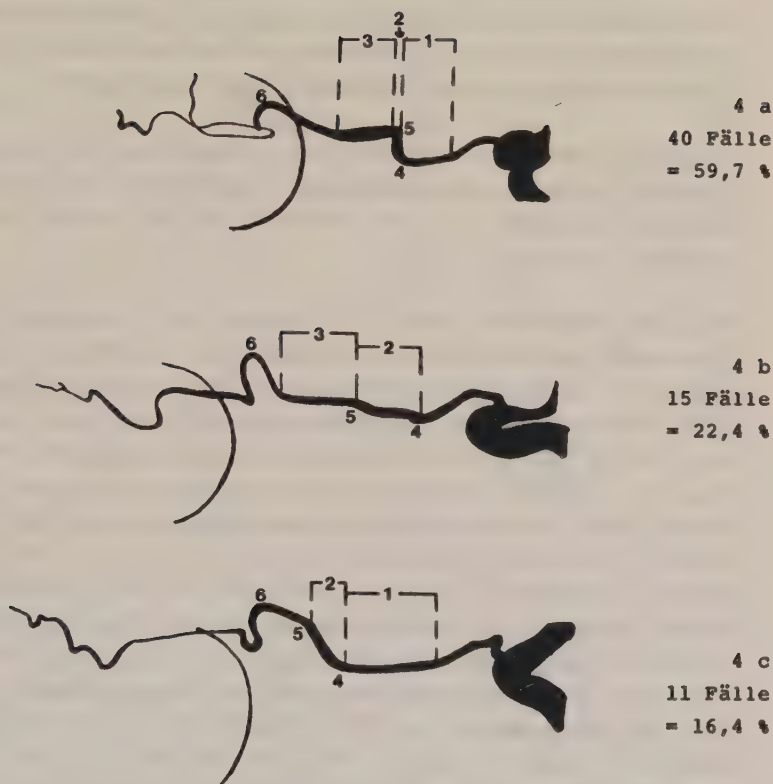


Abb. 4: Verlaufsformen der A. ophthalmica in Abhängigkeit vom Ort der Kreuzung mit dem N. opticus.
- Bajonettbildungen

a - vollständiges Bajonett

b - fehlender infraoptischer Teil des Bajonetts bei früher Kreuzung

c - fehlender supraoptischer Teil des Bajonetts bei später Kreuzung

1 = infraoptischer Teil, 2 = laterooptischer Teil,
3 = supraoptischer Teil, 4 = Angle, 5 = Bend, 6 = Rectus-Schlinge.

Ein laterooptisches Segment ist in diesen Fällen also möglicherweise nicht vorhanden, doch wird der entsprechende ansteigende Gefäßabschnitt, der auf das infraoptische Segment folgt, zum Zweck des Vergleichs mit den beiden übrigen Bajonettformen als laterooptisches Segment behandelt.

Die genaue Bestimmung der Lage des laterooptischen Segments zwischen Siphon und Sichel des Augenbulbus bei den drei Kreuzungsvarianten (Bajonettformen) ist mit verschiedenen Messungen möglich.

Für die Messungen sind die Abstände zwischen vorderstem Punkt der Konvexität des Siphons und einer Krümmung am Beginn des laterooptischen Anstiegs ("Angle" nach HAYREH u. DASS 1962(18)), sowie zwischen Angle und Bulbuskontur, und schließlich als dritte Möglichkeit, der aus diesen beiden Strecken gebildete Quotient, heranzuziehen. Der Angle, der Beginn des laterooptischen Arterienanstiegs, ist in allen Fällen, auch bei "fehlendem supraoptischen Teil" des Bajonetts, vorhanden. Lediglich in einem Fall mit intracavernösem Ursprung der Ophthalmica und vollständig supraoptischen Verlauf der Arterie in der Orbita, fehlt diese Gefäßkrümmung. Eine Unterscheidung der drei Bajonettformen nach dem Ort der Kreuzung mit dem Sehnerven ist allein mit Ausmessung der Gefäßabschnitte vom Carotissiphon bis zum Angle und vom Angle bis zum Augenbulbus nicht möglich, sie ist jedoch bei Bildung des Quotienten aus diesen beiden Arterienstrecken gegeben. Dabei werden eventuelle Fehler beim Ausmessen infolge unterschiedlicher Projektionsrichtung oder Entfernung des Kopfes des Patienten von der Röntgenröhre oder vom Röntgenfilm, (verschiedene Vergrößerungsfaktoren) ausgeschaltet. Die erhobenen Werte für diesen Quotienten zeigen einen deutlichen Unterschied, je nachdem, ob eine vollständige Bajonettbildung vorhanden ist oder eine Kreuzung mit fehlendem supraoptischen oder infraoptischen Anteil des Bajonetts (Tab. 3 und Abb. 5).

Tabelle 3: Lokalisation der Kreuzung zwischen
A. ophthalmica und N. opticus in Be-
ziehung zum Carotissiphon und Augенbulbus

	b.fehl.infra- opt. Teil		b.vollstä. Bajonett		b.fehl.supra- opt. Teil		Summe
	mm	Fälle	mm	Fälle	mm	Fälle	Fälle
SA:	3-10	15	10-20	38	18-30	11	64
AB:	13-29	11	11-26	32	9-15	8	51
SA/AB:	0,13-0,37	11	0,59-1,18	32	1,5-2,5	8	51

SA = Strecke Siphon - Angle

AB = Strecke Angle - Bulbus

SA/AB = Quotient der beiden Strecken

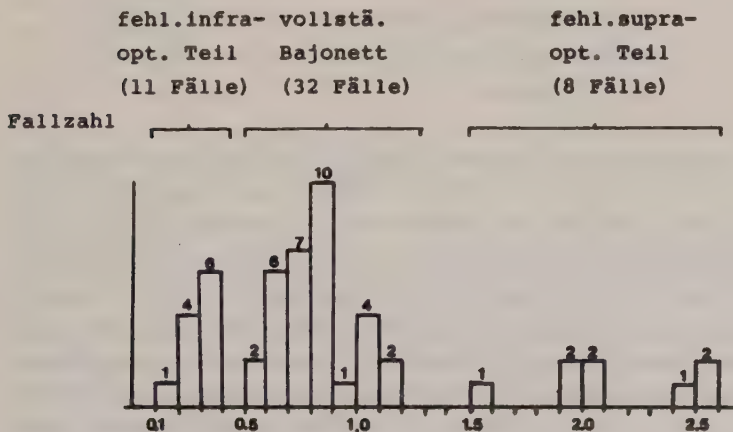


Abb. 5: Graphische Darstellung der Verteilung der
Werte des Quotienten SA/AB in den drei
Kreuzungsvarianten, 51 Fälle.

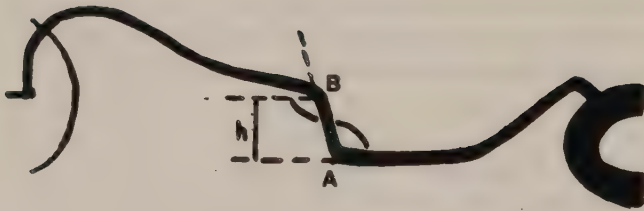


Abb. 6: Schematische Darstellung der A. ophthalmica zur Bestimmung der Winkel an Angle (A), Bend (B) und zur Messung der Höhe des latero-optischen Segments.

Das latero-optische Segment als Mittelstück des Bajonetts weist unterschiedliche Verlaufsformen auf, je nach Größe der Winkel, die es mit dem infra- und supraoptischen Verlauf einschließt. Diese beiden Winkel, die erstens am Übergang des infraoptischen zum latero-optischen Segment ("Angle") und zweitens am Übergang vom latero-optischen zum supraoptischen Segment ("Bend") gebildet werden, bezeichnen die Lageänderungen der A. ophthalmica zum Sehnerven (HAYREH 1962) (18). Sie sind in jeder der drei Kreuzungsvarianten ausgebildet, auch in den Fällen mit "fehlendem supraoptischen Teil", bei denen auf der Profilaufnahme nicht entschieden werden kann, ob die Arterie sofort im Anschluß an das typische lange, infraoptische Segment, oder erst

Tabelle 4: Winkel des Bajonetts in 64 Angiogrammen

	stumpf ($>90^\circ$) Anzahl (%)	recht - winklig Anzahl (%)	spitz ($< 90^\circ$) Anzahl (%)	Summe (100%)
1. Angle:				
- bei fehlendem infraopt. Teil:	14	1	-	15
- bei vollständigem Bajonett:	24 (63,2%)	3 (7,1%)	11 (28,9%)	38
- bei fehlendem supraopt. Teil:	5	4	2	11
Summe:	43 (67,2%)	8 (12,5%)	13 (20,3%)	64
2. Bend:				
- bei fehlendem infraopt. Teil:	14	1	-	15
- bei vollständigem Bajonett:	22 (57,9%)	5 (13,2%)	11 (28,9%)	38
- bei fehlendem supraopt. Teil:	8	-	3	11
Summe:	44 (68,7%)	6 (9,4%)	14 (21,9%)	64

nach einem Anstieg zur oberen Seite des Nerven, zur medialen Wand der Orbita verläuft. (Abb. 4 c)

Ein zusätzlicher Bogen im laterooptischen Verlauf ("Bow" nach HAYREH (1962) (18), zwischen Angle und Bend, findet sich in 18 (= 28,1 %) von 64 Fällen. Er ist in 2/3 der Fälle nach vorn, in 1/3 nach hinten konvexbogig und tritt am häufigsten (in 6 von 11 Fällen) bei fehlendem infraoptischen Teil des Bajonetts auf.

Die beiden Winkel verhalten sich bei Nichtberücksichtigung der Kreuzungsvariante ähnlich (Tab. 4): Sie sind jeweils in 2/3 der Fälle stumpf-, in etwa 10 % rechtwinklig, sowie in über 20 % der Fälle spitzwinklig. Beim Vergleich der einzelnen Kreuzungsvarianten hinsichtlich der Größe dieser Winkel sind jedoch Unterschiede festzustellen. Bei vollständigem Bajonett sind sie häufiger als bei den anderen beiden Varianten (in fast 30 %) spitzwinklig. Bei fehlendem infraoptischen Teil sind beide fast in allen Fällen stumpfwinklig, ein spitzer Winkel wird hier nicht gebildet, weder am Angle, noch am Bend.

Tabelle 5: Vergleich der Winkel im Bajonett der Ophthalmica (64 Angiogramme)

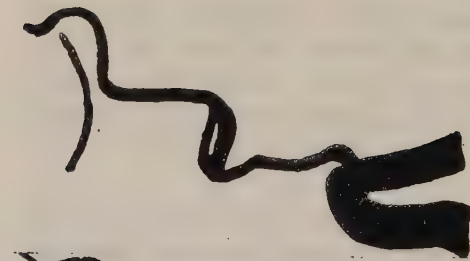
	fehl.infra- opt. Teil Anzahl	vollständ. Bajonett Anz. (%)	fehl.supra- opt. Teil Anzahl	Summe Anz. (%)
1.Winkel an A> Winkel an B:	-	3 (7,9%)	-	3 (4,7%)
2.Winkel an A= Winkel an B:	3	18 (47,4%)	1	22 (34,4%)
3.Winkel an A< Winkel an B:	12	17 (44,7%)	10	39 (60,9%)
Summe:	15	38 (100%)	11	64 (100%)

Bei fehlendem supraoptischen Teil verhalten die beiden Winkel sich unterschiedlich. Der Winkel am Angle ist wie in den beiden anderen Varianten spitz-, stumpf- oder rechtwinklig, am Bend dagegen zeigt sich häufiger als insgesamt ein stumpfer Winkel.

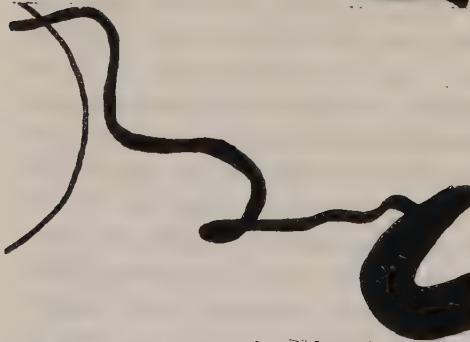
Aufgrund unterschiedlicher Kombination der beiden Winkel am Angle und Bend gibt es eine Vielfalt möglicher Erscheinungsbilder des Bajonetts, ob vollständig oder nicht. So können einmal der infra- und der supraoptische Teil des Bajonetts parallel verlaufen, bei gleichgroßen, spitzen, rechtwinkligen oder stumpfen Winkeln an Angle und Bend. Das ist der Fall bei etwa einem Drittel aller Fälle, am häufigsten bei vollständigem Bajonett, hier in knapp der Hälfte der Fälle, sonst seltener. Weiter kann der Winkel an Angle kleiner sein als derjenige am Bend. Dann fällt der infraoptische Schenkel des Bajonetts stärker, oder steigt weniger an, als der supraoptische. Diese Form liegt in knapp 2/3 aller Fälle, also insgesamt am häufigsten vor. Sie ist die häufigste Art der Winkelbildung bei fehlendem supra- und infraoptischen Teil des Bajonetts. Bei vollständigem Bajonett steht sie gleichberechtigt neben der ersten Möglichkeit (Winkel gleich groß). Die dritte Möglichkeit schließlich, bei der der Winkel am Angle größer ist als derjenige am Bend, wird nur sehr selten bei vollständiger Bajonettbildung gefunden.

Zu den Sonderformen, die bei der Auswertung auffielen, gehören die in Abbildung 7 a - d dargestellten:

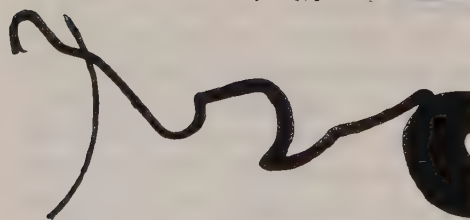
- ein Fall, in dem der infraoptische Schenkel sich in zwei völlig parallel verlaufende laterooptische Schenkel teilt, die sich supraoptisch wieder vereinigen, Knopflochphänomen (Abb. 7 a),
- ein Fall mit spitz-negativem Winkel am Angle (7 b),
- sowie vier Fälle, in denen die Arterie die Spiraltour um den Nerven fast vollendet (Abb. 7 c)



a) zwei parallele latero-optische Schenkel



b) spitznegativer Winkel am Angle



c) Spiraltour um N. opticus fast vollendet



d) Verlaufsform vergleichbar einer retrobulbären Raumforderung

Abb. 7: Sonderformen des Bajonetts, bzw. der Kreuzung der A. ophthalmica mit dem N. opticus.

- in einem Fall tritt eine Form auf, die sich nur wenig von dem Bild bei einer retrobulbären Raumforderung mit Anhebung der supraoptischen A. ophthalmica unterscheidet (Abb. 7 d).

Zum supraoptischen Segment der A. ophthalmica gehören mehrere anatomische Abschnitte (DILENGE 1965) (15):

- 1.) der supraoptische Teil des Bajonetts, ein kurzer Arterienanteil an der oberen Seite des N. opticus,
- 2.) der zur medialen Orbitawand ansteigende Anteil mit Überkreuzung des M. rectus medialis,
- 3.) der Arterienverlauf bis zur Trochleaschlinge,
- 4.) der Abschnitt der Trochleaschlinge,
- 5.) die Aufteilung in die Endäste

Bei genauer Betrachtung können diese anatomischen Abschnitte im seitlichen Röntgenbild ebenfalls unterschieden werden, insbesondere eine starke, nach oben konvexe Schlinge nach einem ansteigenden Stück, die der Überkreuzung des M. rectus medialis entspricht ("Rectus-Schlinge"). Weiterhin läßt sich nach einer darauffolgenden, oft gerade ansteigenden Strecke, eine letzte, nach oben konkave Schlinge, die Schlinge unter der Trochlea des M. obliquus superior hindurch, beobachten, nach der die Aufteilung in die Endäste erfolgt.

Der Verlauf nach dem laterooptischen Anstieg ließ sich in 66 Angiogrammen analysieren, hierbei wurde lediglich einmal eine direkte Aufteilung in die A. supraorbitalis und A. ethmoidalis anterior bereits am Bend gefunden, es fehlte der typische supraoptische Ophthalmicaanteil. In den restlichen 65 Fällen ist das supraoptische Segment dargestellt und im einzelnen differenzierbar. Vom Bend der ophthalmica bis zum Scheitel ihrer Rectus-Schlinge sind zwei Gruppen mit unterschiedlichem Verlaufscharakter zu unterscheiden.

In der ersten, mit 35 Fällen (54 %) etwas größeren Gruppe ist, nach der Verlaufsrichtung, eine Unterteilung in zwei Gefäßstrecken möglich: Die erste steigt mehr oder weniger nach vorn an, nachdem sie zunächst einen Verlauf einnimmt, der oberhalb des Nerven lokalisiert werden kann. Die zweite bildet, steiler ansteigend, den ansteigenden Schenkel der Rectus-Schlinge. Die beiden Gefäßstrecken sind vor allem bei vollständiger Bajonettbildung der Ophthalmica erkennbar (23 Angiogramme), seltener bei fehlendem infraoptischen Teil des Bajonetts (9 Angiogramme), und nur einmal bei fehlendem supraoptischen Bajonettabschnitt. Zwei Angiogramme mit Abgang der Ophthalmica aus dem intracavernösen Carotissiphon zeigen ebenfalls zwei Arterienanteile im supraoptischen Segment vom Bend bis zur Rectus-Schlinge. In wenigen Fällen ist zusätzlich ein kurzes, steil abfallendes Zwischenstück zu erkennen, mit dem die Arterie die Umschlingung des Sehnerven bis an dessen Medialseite fortsetzt.

Zu der zweiten Gruppe mit 30 Fällen (46 %) gehören Angiogramme mit fehlenden supraoptischen Anteilen des Bajonetts (10), sowie eine Gruppe (18) mit vollständigem Bajonett und zwei Angiogramme mit fehlender infraoptischer Arterienstrecke des Bajonetts. Hier ist, im Gegensatz zur ersten Gruppe, ein einziger, bis zum Scheitel der Rectus-Schlinge reichender Bogen zu beobachten. Die Länge dieses Bogens ist abhängig vom Ort der Kreuzung mit dem N. opticus.

Die Rectus-Schlinge ist als markanter Teil der A. ophthalmica in ihrem supraoptischen Segment regelmäßig zu identifizieren. Ihr ansteigender Schenkel wird durch die in der lateralen Projektion relativ kurze und meist nach oben konkave Strecke zwischen N. opticus und medialer Wand der Orbita gebildet. Der absteigende Schenkel verläuft typischerweise steil nach unten bis zum Abgang der A. ethmoidalis anterior. Hier knickt die Ophthalmica oft deutlich nach vorne ab. Die Rectus-Schlinge ist in 63 von 66 Fällen mit vorhandenem und verwertbarem supraoptischen Verlauf, d.h. in über 95 % der Angiogramme, vorhanden.

Abweichungen von der eben beschriebenen, typischen Form kommen wesentlich häufiger im absteigenden, schon extra-muskulären Schenkel, als im ansteigenden vor (Tab. 6 und Abb. 8 a - g).

Tabelle 6: Verlauf zur medialen Wand der Orbita und Kreuzung des M. rectus medialis (66 Angiogramme)

	Fallzahl (%)
R e c t u s - Schlinge vorhanden	63 (95,5 %)
- typische Form:	27 (40,9 %)
- Abweichung im Anstieg/Scheitel:	
- flacher Anstieg:	4
- stufenartiger Anstieg:	1
- Schleife nach unten:	3
- Schleife breit:	1
	9 (13,7 %)
- Abweichungen am absteig. Schenkel:	
- flach + Schleife:	2
- Formänderung am Ende:	17
- absteigender Schenkel von	
A. ethmoid. ant. gebildet:	6
- absteigender Schenkel fehlt:	2
	27 (40,9 %)
R e c t u s - Schlinge fehlt (an deren Stelle flache Schleifen)	3 (4,5 %)
S u m m e :	66 (100 %)

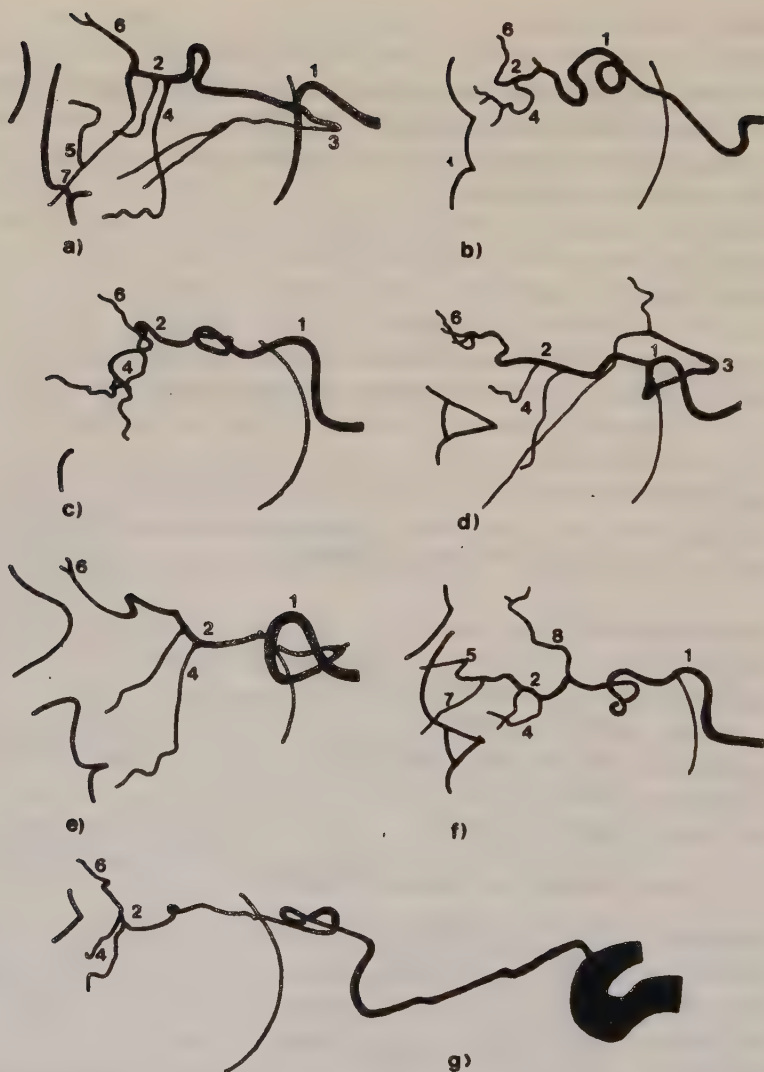


Abb. 3 a-g: Supraoptischer Verlauf, Varianten der Rectus-Schlinge. 1) Rectus-Schlinge, 2) Trochlea-Schlinge, 3) A. ethmoidalis anterior, 4) Aa. palpebrales mediales, 5) A. dorsalis nasi, 6) A. frontalis, 7) A. angularis, 8) A. supratrochlearis

Im absteigenden Schenkel verläuft das Gefäß, abgesehen von drei Fällen, immer steil nach unten. Die Endigung des absteigenden Schenkels ist in unmittelbarer Nähe oder in Überprojektion mit der Sichel des Plexus chorioideus des Augenerbulbus lokalisierbar.

Im Anstieg oder am Scheitel zeigt sich gelegentlich eine kleine Schleife nach unten (Abb. 8 b), der Anstieg kann stufenartig (Abb. 8 c), der Scheitel etwas breiter (Abb. 8 c, f) als im Normalfall erscheinen. Am Ende des absteigenden Schenkels verläuft die Ophthalmica relativ häufig ein kurzes Stück nach dorsal, bevor sie sich wieder spitzwinklig nach vorne wendet (Abb. 8 e). Manchmal sind am Ende des absteigenden Schenkels, vor dem Abgang der A. ethmoidalis anterior, kleine Schlingen zu sehen (Abb. 8 c, f). Da dieses Gefäß meist sofort nach dem Abgang in den knöchernen Canalis ethmoidalis eintritt und damit bereits am Abgang relativ fixiert ist, dürften solche zusätzlichen kleinen Schlingen der Ophthalmica abhängig sein vom Ort der Überkreuzung des M. rectus medialis. Sie sind also möglicherweise dann vorhanden, wenn das Ende der Rectus-Schlinge nicht in unmittelbarer Nähe der Öffnung des Canalis ethmoidalis liegt. Weiterhin kann der absteigende Schenkel nur flach abfallen oder teilweise oder vollständig von der A. ethmoidalis anterior gebildet werden (6 Fälle, Abb. 8 d). Er kann schließlich fehlen, so daß die A. ophthalmica horizontal nach facial verläuft (2 Fälle). In diesen Fällen ist die Ethmoidalarterie nicht dargestellt. Wenn der absteigende Schenkel fehlt oder von der A. ethmoidalis anterior gebildet wird, verläuft der nächste Abschnitt der Ophthalmica (bis zur Trochlea-Schlinge) weiter cranial nach vorn und hat eine andere Verlaufsrichtung. In drei Fällen fehlt die gesamte Rectus-Schlinge (Tab. 6). An ihrer Stelle findet sich nach nur flachem Anstieg zur medialen Wand eine flache Schleife oder Doppelschleife nach caudal (Abb. 8 g), nach der die A. ethmoidalis anterior abgeht. Hier liegt möglicherweise eine Durchbohrung oder Unterkreuzung des

M. rectus medialis vor.

Im extramuskulären Verlauf des supraoptischen Segments der A. ophthalmica, also nach Überkreuzung des M. rectus medialis, schlägt die A. ophthalmica erneut eine horizontale Verlaufsrichtung ein, die sie bis zur vorderen Orbitaöffnung beibehält. Diese Richtungsänderung läßt sich in 66 Angiogrammen erkennen.

In 61 in dem Abschnitt zwischen Rectus- und Trochlea-Schlinge noch gut interpretierbaren Angiogrammen verläuft die A. ophthalmica leicht ansteigend in 85 % von 53 Fällen mit "normalem Abgang" vom Ende der Rectus-Schlinge (Abb. 8 a). Liegt ein "hoher Abgang" von der Rectus-Schlinge vor (8 Fälle, Abb. 8 d), zeigt sich meist ein horizontaler oder leicht nach caudal abfallender Verlauf.

Als Besonderheit wird eine flache Schlinge, ähnlich einem nach facial offenen "U" am Beginn der Strecke zwischen Rectus- und Trochlea-Schlinge der Ophthalmica sichtbar, wenn sie sich am Ende der Rectus-Schlinge nach dorsal gewendet hat. In 20 % läßt sich vor der Unterkreuzung der Trochlea bei regelrechtem Abgang von der Rectus-Schlinge eine hohe, nach cranial konvexe Ausbiegung erkennen (Abb. 8 a). Weiter kann, wie in einem Fall, der extramuskuläre Verlauf von einer medialen Lidarterie gebildet werden, die als Endast vom Scheitel der Rectus-Schlinge abgeht.

Mit der Trochlea-Schlinge (Abb. 8), der letzten stärkeren Schlinge, die immer nach cranial geöffnet ist, verläuft die Arterie unter der Trochlea des M. obliquus superior hindurch. Sie gibt hier regelmäßig die medialen Lidarterien ab, um dann unter Aufteilung in die Endäste die Orbita zu verlassen. Die Trochlea-Schlinge ist in 58 (95 %) der in diesen Gefäßabschnitten noch auswertbaren 61 Angiogramme

vorhanden. Nach der Passage der Trochlea tritt die A. ophthalmica in ihrem Endabschnitt in das Subkutangewebe des Gesichts über. Der größte Teil des Blutstroms verläuft dabei über die Ophthalmica selbst oder, falls schon eine Aufteilung in die Endäste erfolgt ist, über die Rami frontales zur Stirn. Diese Äste zur Stirn fehlen lediglich in 4 von 61 Angiogrammen. Von der Trochleaschlinge an verläuft die Arterie mit mehreren leichten Windungen, zunehmend steiler ansteigend, zur Stirn, wobei sie am Margo superior orbitae in 1/3 der Fälle einen nach vorn konvexen Bogen ausbildet.

Als Endäste stellen sich in den meisten Fällen ein oder mehrere Äste zur Stirn dar, in der Hälfte der untersuchten Angiogramme auch Äste zum Nasenrücken. Die Lokalisation der Aufteilung der Ophthalmica ist abhängig davon, welche Arterien im Einzelfall als Endäste ausgebildet sind. In den wenigen Angiogrammen, die als Endäste die A. supratrochlearis, A. supraorbitalis oder A. ethmoidalis anterior zeigen, erfolgt die Endaufteilung bereits vor der Trochlea-Schlinge. In über 90 %, in denen mehrere Endäste, davon mindesten ein Ast zur Stirn, dagegen keines der genannten Gefäße vorhanden ist, erfolgt die Aufteilung im Bereich der Trochlea-Schlinge, meist an deren tiefstem Punkt oder am Übergang zum wiederansteigenden Arterienabschnitt. Die Tabelle 7 zeigt die Häufigkeit der erkennbaren Endäste der A. ophthalmica.

Tabelle 7: Endäste der A. ophthalmica (61 Angiogramme)

Als Endast dargestellt:	in Fällen	in Prozent
A. frontalis:	56	91,8 %
A. dorsalis nasi:	34	55,7 %
A. palpebralis medialis:	8	13,1 %
A. angularis:	4	6,5 %
A. supratrochlearis:	3	4,9 %
A. ethmoidalis anterior:	2	3,3 %
A. supraorbitalis:	1	1,6 %

c. Plexus chorioideus

Der Plexus chorioideus des Bulbus oculi wird von den feinen Gefäßen der Aderhaut gebildet. Er zeichnet damit die Kontur des Augenbulbus nach. Im seitlichen Strahlengang bietet er bei horizontaler Blickrichtung das Bild einer schmalen, senkrecht stehenden, nach facial offenen Sichel, gelegentlich eines Halbkreises, seltener eines geschlossenen Kreises im vorderen Drittel der Augenhöhle. Er weist am hinteren Pol die größte Dichte auf, abhängig jeweils von der Röntgenkontrastmittelfüllung der feinsten Arterien. Auf Subtraktionsaufnahmen mit 2-facher Vergrößerung ist seine Kontur in 97 % zu identifizieren.

Um den Plexus chorioideus und damit den Augenbulbus genau zu lokalisieren, wurde nach LODIN und BERGSTRÖM (1967) (1) der Quotient der Strecken Carotissiphon-Bulbus und Sella-Nasion gebildet. Dieser Quotient ist im Gegensatz zu den direkt gemessenen Werten der Strecke Siphon-Bulbus unabhängig vom Vergrößerungsfaktor der jeweiligen Angiogramme. In 40 Fällen ließen sich folgende Werte eruieren:

0,36 bis 0,57 am rechten Auge

0,39 bis 0,54 am linken Auge.

Als Punkt zur groben Orientierung über die Lage des Augenbulbus kann der absteigende Schenkel der Rectus-Schlinge dienen, in dessen Nähe sich seine hintere Kontur in allen Fällen projiziert. Die maximale horizontale Entfernung beträgt 5 mm.

d. Äste der Ophthalmica

Von den zahlreichen Ästen der Augenerarterie sollen hier nur diejenigen analysiert werden, die in den lateralen Aufnahmen häufig zur Darstellung kommen.

A. centralis retinae (ACR)

Von entscheidender Bedeutung für das Sehvermögen ist die A. centralis retinae. Die Identifikation der sehr dünnen Zentralarterie, die 0,3 mm Durchmesser nach DILENCE (1965) (15) aufweist, ist schwierig, gelegentlich unmöglich. Mit der heute angewandten Technik kommen nämlich besonders im retrobulbären Raum zwischen Plexus chorioideus, supra- und laterooptischem Segment der A. ophthalmica, viele kleine Arterien zur Darstellung. Vor allem die langen Ziliararterien und deren Aufzweigungen, weiterhin Äste der unteren Muskelarterie werden sichtbar, so daß die Differenzierung der A. centralis retinae nicht immer gelingt.

Als Identifizierungsmerkmale der A. centralis retinae sind heranzuziehen:

1. der Verlauf zum hinteren Pol des Augenbulbus, der häufig geradlinig oder weniger stark als bei den Ziliararterien geschlängelt ist,
2. der etwas geringere Durchmesser als derjenige der langen Ziliararterien,
3. der frühe Abgang, meist als erster Ast schon vom infraoptischen Segment der Ophthalmica.

Der frühe Abgang der Zentralarterie vom infraoptischen Segment der Ophthalmica ist allerdings, vor allem bei Unterkreuzung des Nerven durch die Augenerarterie, kein verlässliches Merkmal zur Unterscheidung von der oft gut dargestellten äußeren A. ciliaris posterior longa, vgl. HAYREH (1962) (19). Auch Äste der inneren A. ciliaris posterior

longa können mit der A. centralis retinae verwechselt werden (DILENCE 1965) (15) .

Vor allem mit Hilfe der typischen Verlaufsform gelang die Bestimmung der Zentralarterie in 31 von 65 Angiogrammen. Als Abgangsort ergab sich zumeist der Angle der A. ophthalmica. Dieser typische Abgang ist in Abb. 11 wiedergegeben. Abgangsvarianten sind in Abb. 9 skizziert, so z.B. ein Ursprung vom infraoptischen Segment (7 Fälle) in Abb. 9 a. In zwei Sonderfällen entspringt die Zentralarterie (bei vollständigem Bajonett) gemeinsam mit der A. lacrimalis, einmal vom supra-, einmal vom infraoptischen Segment (Abb. 9 b). Weiter besteht in je zwei Fällen ein gemeinsamer Abgang mit einer langen hinteren Ziliararterie bzw. mit der A. muscularis inferior.

Der Verlauf der Zentralarterie ist dadurch charakterisiert, daß, unabhängig vom Abgangsort, meist die Verlaufsrichtung der infraoptischen A. ophthalmica eingenommen wird (in 24 von 31 Fällen).

Tabelle 9: Abgang der A. centralis retinae in Abhängigkeit von der Kreuzungsvariante der A. ophthalmica (31 Angiogramme)

	infraopt. Segment	Angle	lateroopt. Segment	supraopt. Segment	Summe
bei fehl.infra- opt.Teil :		5	3		8
bei vollständ. Bajonett :	4	13	2	1 (m.AL)	20
bei fehl.supra- opt. Teil :	3				3
Summe :	7 (22,6%)	18 (58,1%)	5 (16,1%)	1 (3,2%)	31 (100%)

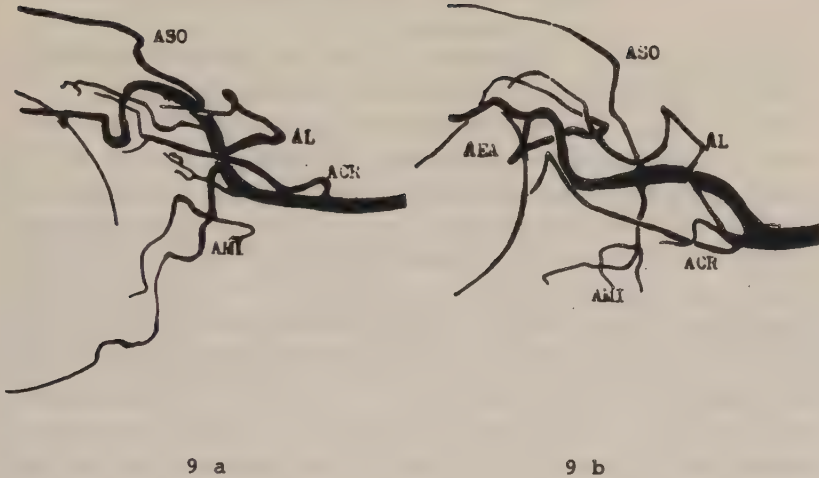


Abb. 9 a - b: Abgangsvarianten der A. centralis retinae
a. vom infraoptischen Segment, b. vom Angle
mit einem gemeinsamen Stamm mit der A. lac-
rimalis

Aa. ciliares posteriores longae

In 41 von 65 auswertbaren Angiogrammen sind je ein bis drei, insgesamt 67 Aa. ciliares posteriores longae identifizierbar. Das Ergebnis der Bestimmung des Abgangsortes in Abhängigkeit von der Kreuzungsvariante der A. ophthalmica zeigt Tab. 10.

Tabelle 10: Ursprung von 67 Aa. ciliares post. longae
in Abhängigkeit von der Kreuzungsvariante
der A. ophthalmica

	fehl.infra- opt. Teil (Fallzahl)	vollständ. Bajonett (Fallzahl)	fehl.supra- opt. Teil (Fallzahl)	Summe (Fall- zahl %)
infraopt.:		1	2	3 (4,5%)
Angle:		7	3	
- aus ACR:		2		12 (17,9%)
lateroopt:	5	12	6	23 (34,3%)
Bend :	3	8		11 (16,4%)
supraopt.:	3	12	3	18 (26,9%)
Summe :	11	42	14	67 (100 %)

Wie die A. centralis retinae, verlaufen die Ziliararterien zum hinteren Pol des Augenbulbus. Die dabei eingeschlagene Verlaufsrichtung ist abhängig vom Ursprungsort. Liegt ein Abgang von infraoptischem Segment oder Angle vor, so verlaufen die Ziliararterien häufiger eher ansteigend, bei latero- und supraoptischem Abgang dagegen zumeist horizontal nach facial. In 84,5 % sind sie unterhalb des supraoptischen Segments der Ophthalmica sichtbar, zu Überlagerungen kommt es lediglich bei latero- bis supraoptischem Abgang, ein Verlauf oberhalb der Ophthalmica ist nur in einem Fall mit supraoptischem Abgang anzutreffen. Im Arterienverlauf sind mehr oder weniger ausgeprägte Schlingen und Schleifen vorhanden, in einem Teil der Angiogramme ist der Verlauf über die hintere Bulbuskontur hinaus zu verfolgen.

A. lacrimalis

In 48 Angiogrammen ist die A. lacrimalis zu differenzieren. Sie zieht im mittleren oder oberen Bereich der Orbita nach vorn in das Gebiet der Tränendrüse und läßt sich in 73,8 % der 65 supraoptisch auswertbaren Fälle erkennen. Ein Ursprung vom Bend ist in 25 Angiogrammen (= 52,1 %) feststellbar (Abb. 10 a). Vom laterooptischen Segment entspringt das Gefäß in 10 Angiogrammen (= 20,8 %), vom supraoptischen Segment zwischen Bend und Anstieg der Rectus-Schlinge in 7 Angiogrammen (= 14,6 %, Abb. 10 b), von Angle und infraoptischem Segment in 6 Angiogrammen (= 12,5 %, Abb. 9 b).

In der überwiegenden Anzahl der Fälle (37 von 48 Angiogrammen) geht sie nach cranial, seltener nach dorsal oder facial von der Ophthalmica ab und steigt in 42 von 48 Angiogrammen (= 87,5 %) bis zum Dach der Orbita an, wo sie manchmal einen R. recurrens meningeus (in 3 Angiogrammen) oder auch eine Anastomose zur A. meningea media abgibt (1 Fall). Diese ansteigende Verlaufsstrecke ist nicht vorhanden, wenn das Gefäß sich sofort nach facial wendet (12,5 %). Der Arterienanteil bis zur Rectus-Schlinge liegt, anders als bei der A. supraorbitalis, in 84 % der noch auswertbaren 45 Angiogramme zwischen Orbitadach und supraoptischer Ophthalmica, nur selten unmittelbar am Dach oder in Höhe der supraoptischen Ophthalmica mit mehrfachen Überkreuzungen. Es werden meist bogige Gefäßverläufe und Schlingen ausgebildet. Die Passage im Bereich der Rectus-Schlinge verläuft in 80 % in Höhe des Scheitels derselben, gelegentlich sind feine Arterienäste zum Orbitadach und laterale Arterien zum Ober- und Unterlid differenzierbar. In Projektion auf den hinteren oberen Quadranten des Augenhulbus oder dicht darüber teilt sich die A. lacrimalis in ihre Endäste:

1. den R. glandularis zur Tränendrüse,
in 21 Angiogrammen zu beobachten,



Abb. 10 a

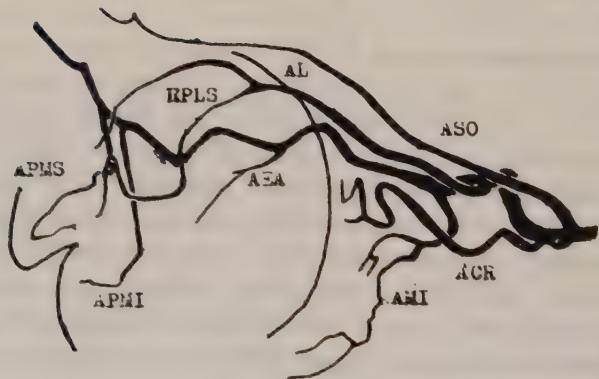


Abb. 10 b

Abb. 10 a, b:

Abgänge der A. lacrimalis

a - vom Bogen

b - vom supraoptischen Segment

zwischen Bogen und Rectus-Schlinge

Erklärung:

AL = A. lacrimalis, RPLS = R. palpebralis lateralis superior, ASO = A. supraorbitalis, ACR = A. centralis retinae, AMI = A. muscularis inferior, AEA = A. ethmoidalis anterior, APMS = A. palpebralis medialis superior, APMI = A. palpebralis medialis inferior

2. den R. palpebralis lateralis inferior,
lediglich in 7 Angiogrammen dargestellt,
3. den R. palpebralis lateralis superior,
in 7 Angiogrammen nachzuweisen, bis ins Oberlid zu
verfolgen.

Im Vergleich zu anderen Ästen der A. ophthalmica ist die A. lacrimalis in 19 Angiogrammen (= 39,6 %) der stärkste Ast.

A. supraorbitalis

In 41 von 65 auswertbaren Angiogrammen (= 63,1 %) ist die A. supraorbitalis zu bestimmen. Ihr Abgang erfolgt in 38 Angiogrammen (= 92,7 %) vom supraoptischen Segment von Bend bis einschließlich Rectus-Schlinge (Abb. 1 b), 3 mal (= 7,3 %) vom infra- oder laterooptischen Segment der Ophthalmica (Abb. 10 b).

Auch im Arterienverlauf der A. supraorbitalis ist meist eine Unterscheidung in einen ersten ansteigenden und einen zweiten, nach facial verlaufenden Abschnitt möglich. Im ersten Anteil verläuft die Arterie häufig schwanenhalsartig oder mit mehreren Schlingen meist bis unmittelbar zum Orbitadach, in etwa einem Drittel etwas weniger weit nach cranial. Im zweiten Abschnitt verläuft die A. supraorbitalis nach facial zur äußeren Öffnung der Orbita (39 mal dargestellt). In 30 Angiogrammen liegt der gesamte Gefäßabschnitt oder Teile desselben unmittelbar am Dach der Orbita, 9 mal weiter caudal. Im intraorbitalen Anteil sind Äste zum Orbitadach sichtbar. Die Endaufteilung in ein oder mehrere Stirnäste ist zumeist am Margo superior orbitae sichtbar. Als stärkster Ast der A. ophthalmica imponiert die A. supraorbitalis in 24,6 %, als mittelstarker Ast in 53,7 %, als feine Arterie in 31,7 % von 41 auswertbaren Angiogrammen.

A. muscularis inferior

In 54 von 65 auswertbaren Angiogrammen ist eine A. muscularis inferior zu bestimmen, in 10 Fällen hiervon sind zwei untere Muskelarterien dargestellt. Der Abgangsort dieser Gefäße ist in Tabelle 11 analysiert.

Tabelle 11: Abgang von 64 Aa. musculares inferiores in 54 Angiogrammen

	fehl.infra- opt. Teil (Fallzahl)	vollständ. Bajonett (Fallzahl)	fehl.supra- opt. Teil (Fallzahl)	Summe (Fall- zahl %)
infraopt.:		1		1 (1,6%)
Angle:	1	7	2	
- aus ACR:		1		11 (16,2%)
lateroopt:		2	4	6 (9,3%)
Bend :	1	2	2	
- aus AL :		1		6 (9,3%)
supraopt.:	8	29	3	40 (62,6%)
Summe	10	43	11	64 (100 %)

Überwiegend entspringt die A. muscularis inferior vom supraoptischen Segment zwischen Bend und Scheitel der Rectus-Schlinge.

Der Arterienverlauf ist bei 51 von 63 verwertbaren Angiogrammen in einen stärker fallenden und einen mehr horizontalen Abschnitt unterteilbar. Der retrobulbär gelegene, absteigende Anteil fällt bei infra- bis laterooptischem Abgang etwas häufiger steil nach vorn, bei supraoptischem Abgang dagegen in knapp 2/3 der Fälle senkrecht oder steil nach dorsal zum Orbitaboden ab. Die Verlaufsform ist bei supra-

optischem Abgang in gut der Hälfte der Fälle leicht "S"-förmig. Der horizontale Anteil liegt unmittelbar am knöchernen Boden der Orbita oder knapp darüber. In 12 Fällen, in denen eine Unterteilung in absteigenden und horizontalen Verlauf nicht möglich ist, zieht die Arterie flach absteigend zum Boden der Orbita. Diese Verlaufsform wird fast ausschließlich bei infra-oder laterooptischem Abgang gesehen. Feine Arterienäste zu den Augenmuskeln und zum Unterlid sind abgrenzbar.

A. ethmoidalis anterior

In 53 Angiogrammen ist die A. ethmoidalis anterior dargestellt. Sie verläuft nach kurzem intraorbitalen Anteil durch den Canalis ethmoidalis anterior zur Siebbeinplatte und teilt sich in die Aa. meningea anterior und nasalis anterior (Abb. 1 b). Der Ursprung ist, ähnlich wie bei den Aa. supraorbitalis und palpebrales mediales, relativ konstant. Sie geht in 40 Fällen (= 75,5 %) vom Ende, selten auch vom Scheitel oder absteigenden Schenkel der Rectus-Schlinge ab, die sie dann vollendet. Sind seltene, atypische Ursprungslokalisationen vorhanden, mit Abgang z.B. vor der Rectus-Schlinge (5 Fälle) oder erst im extramuskulären Verlauf der Ophthalmica (1 Fall), so ist jeweils die Rectus-Schlinge nicht normal ausgebildet oder fehlt vollständig.

Der Verlauf der A. ethmoidalis anterior ist im ersten, intraorbitalen Abschnitt bis zum Eintritt in den Canalis ethmoidalis anterior in 34 von 41 Angiogrammen mit Abgang vom Ende der Rectus-Schlinge oder später, weiterhin in allen Fällen mit Abgang vom Scheitel oder absteigenden Schenkel nach dorsal gerichtet. Ein Verlauf nach facial findet sich nur bei Abgang vor der Rectus-Schlinge. Der weitere Verlauf der Arterie ist durch den Gefäßkanal geprägt. Ist der Abgang der A. ethmoidalis anterior nach dorsal gerichtet, so bildet dieser Abschnitt den Mittelteil

einer "U"-förmigen, nach vorne offenen Schlinge, bei Abgang nach facial manchmal einen nach cranial konvexen oder auch konkaven Bogen.

Nach einer zumeist geraden und horizontal nach facial verlaufenden Strecke, die in der Mehrzahl der Angiogramme unterhalb der extramuskulären Ophthalmica zwischen Rectus- und Trochlea-Schlinge liegt, teilt sich die Arterie in die Endäste A. nasalis anterior und A. meningea anterior. Nur in einzelnen Fällen erfolgt die Teilung schon vor dieser horizontalen Verlaufsstrecke. Somit liegt die Endaufteilung zumeist an einem Punkt, der in der seitlichen Aufnahmeprojektion in einer Linie liegt, die den senkrechten Teil der Tabula interna des Schädels fortsetzt, also meist dicht dorsal oder am Beginn der Trochlea-Schlinge der Ophthalmica. Die Rami nasales gehen häufig im horizontalen Arterienanteil ab.

In ihrem Gefäßkaliber imponiert die A. ethmoidalis anterior als dünner Ast in 39,6 %, als mittelstarker Ast in 45,3 %, als stärkster Ast lediglich in 15,1 % der untersuchten Angiogramme.

Die A. nasalis anterior als vorderster der nasalen Äste der A. ethmoidalis anterior ist in 38 Fällen abzugrenzen. Über ihre gesamte Verlaufsstrecke, von der Teilung der A. ethmoidalis anterior über die radiologische Kreuzung der Lidarterien hinaus bis zu den Konturen der Lider, behält sie die eingeschlagene facio-caudale Richtung ohne stärkere Schlingenbildung bei.

Die A. meningea anterior weist einen nahe der Tabula interna der vorderen Schädelkalotte steil ansteigenden Verlauf auf, in 28 Fällen ist sie bis zu einer Höhe von 1,5 cm bis 7 cm oberhalb der Aufteilung der A. ethmoidalis anterior identifizierbar. Drei Gruppen sind unter Berücksichtigung der Verlaufsform zu unterscheiden.

1.

Die A. meningea anterior durchkreuzt senkrecht das Endocranium, sie verhält sich wie eine Sekante zum Bogen der Tabula interna. Hierbei beträgt der maximale Abstand der beiden Strukturen 1 cm (9 Angiogramme). Kurz vor Erreichen des Schädeldaches biegt sie nach dorsal um.

2.

Sie folgt, parallel zur Tabula interna, der nach facial konvexen Schädelkontur in einer Entfernung bis zu 0,7 cm nach cranial. Dieser Verlauf ist in 15 Angiogrammen vorhanden.

3.

Das Gefäß verzweigt sich kurz nach dem Abgang aus der A. ethmoidalis anterior in mehrere Äste (4 Angiogramme).

Die A. meningea anterior verläuft zumeist mit feinen Schlingelungen, seltener völlig gerade. Am Beginn des Anstiegs nach cranial ist in einigen Fällen eine kurze, nach facial konkave oder gerade Strecke erkennbar, der einige enge, ausgeprägte Schlingen folgen.

Aa. palpebrales mediales inferior und superior

Die beiden im Bereich des vorderen Bulbus caudalwärts verlaufenden medialen Arterien zum Ober- und Unterlid sind infolge fehlender Überlagerung mit anderen Gefäßstrukturen häufig erkennbar. In 61 analysierbaren Angiogrammen sind die oberen Lidarterien 49 mal, die unteren 48 mal nachweisbar. Laterale Lidarterien stellen sich dagegen vergleichsweise selten dar. So ließen sich obere laterale aus der A. lacrimalis 7 mal, aus der A. supraorbitalis 2 mal, untere laterale Lidarterien aus der A. lacrimalis 7 mal, aus der A. muscularis inferior 6 mal erkennen.

Beide medialen Lidarterien entspringen überwiegend von der Trochlea-Schlinge der A. ophthalmica. Ein gemeinsamer Stamm von oberer und unterer Lidarterie ist auf 4 Angiogrammen nachweisbar, 36 mal entspringt die untere Lidarterie vor der oberen, 2 mal zuerst die obere. In 5 Fällen liegt der Ursprung so eng beieinander, daß eine Entscheidung über die Reihenfolge des Abgangs nicht zu treffen ist.

Der Verlauf der medialen Lidarterien ist in einen nach caudal abfallenden und einen zum Lidrand parallelen Abschnitt unterteilbar. Die A. palpebralis medialis inferior und die A. palpebralis medialis superior ziehen zunächst steil nach caudal, in 29 von 45 Angiogrammen haben sie vom Abgang bis zum Beginn des horizontalen Abschnittes der oberen Lidarterie die gleiche Verlaufsrichtung. In ihrem zum Lidrand parallelen Verlauf, also im horizontalen Abschnitt, in dem die Gefäße nur noch in etwa 2/3 der Angiogramme abgebildet sind, verlaufen sie meist leicht geschlängelt in unterschiedlicher Entfernung vom Lidrand. Ein Unterschied im Kaliber ist im Vergleich der beiden Lidarterien in der Mehrzahl der Fälle nicht festzustellen.

A. supratrochlearis

In 7 von 61 Fällen läßt sich die A. supratrochlearis als unmittelbar vor der Passage der Ophthalmica unter der Trochlea hindurch abgehendes, gerade noch erkennbares Gefäß nachweisen, das nach Überkreuzung der Trochlea zur Stirn gelangt.

Aa. frontales

Als Endäste der Ophthalmica sind in 56 von 61 Angiogrammen ein oder mehrere mediale oder auch laterale Äste zur Stirn vorhanden. Die medialen Aa. frontales verlaufen in der

seitlichen Projektion vor der Kontur der Schädelkalotte nach cranial, die lateralen Aa. frontales kreuzen die Kalotte. Aus dem Stamm der Augenarterie gehen in 40 Fällen mediale, in 14 Fällen mediale und laterale, 2 mal nur laterale Äste ab.

Die lateralen Frontalarterien, dargestellt in 37 Angiogrammen, stammen zumeist (21 Fälle) aus der A. supraorbitalis.

A. dorsalis nasi

Sie ist 37 mal nachweisbar, 34 mal als Ophthalmicaendast, sonst als kleinerer Ast einer Stirnarterie. Der Ursprung von der A. ophthalmica ist im Bereich der Trachlea-Schlinge zu finden.

Ebenso wie die Lidarterien weist die A. dorsalis nasi in fast allen beobachteten Fällen einen zunächst steil nach caudal gerichteten Verlauf auf, um dann, ebenso steil ansteigend, nach cranial auf den Nasenrücken weiterzuziehen.

A. angularis

Lediglich in 17 Angiogrammen ist die A. angularis als dünne Arterie abzugrenzen. 5 mal ist sie als selbständiger Ast der A. ophthalmica vorhanden, 12 mal als Ast der A. dorsalis nasi. Liegt ein Ursprung aus der Ophthalmica vor, entspricht sie in Abgang und erstem Teil des Verlaufs der A. dorsalis nasi. Sie behält aber, im Gegensatz zu dieser Arterie, die abfallende Verlaufsrichtung bei. Liegt ein Abgang aus der A. dorsalis nasi vor, entspringt sie als dünner Ast vor deren Anstieg zum Nasenrücken.

IV. BEWEGUNGSSTUDIEN DER ARTERIA OPHTHALMICA UND IHRER ÄSTE

Hierbei wurden die Vergrößerungsangiogramme von 15 Patienten bei verschiedenen Augenbewegungen anhand der jeweiligen Bewegungsendstellungen analysiert. Geordnet nach der Art der vollzogenen Bewegung sind nachfolgende Gruppen zu differenzieren:

1. Blickrichtungsänderung und Lidbewegung (8 Patienten).
Hier wurde die Stellung der Gefäße beim Blick nach caudal mit geschlossenen Lidern mit derjenigen beim Blick nach cranial mit geöffneten Lidern verglichen.
2. Isolierte Blickrichtungsänderung (5 Patienten).
Verglichen wurde der Gefäßverlauf beim
 - a) Blick nach unten und Blick nach oben (4 Patienten),
 - b) Blick geradeaus und Schielstellung (1 Patient)
3. Isolierte Lidbewegungen (2 Patienten)
Gegenübergestellt wurden Angiogramme mit geschlossenen denjenigen mit geöffneten Augenlidern.

Zur Auswertung wurden die Subtraktionskopien der zu vergleichenden Bewegungsendstellungen deckungsgleich übereinandergelegt, als Fixpunkte dienten die knöchernen Strukturen von Sella, Nasion und Schädelkalotte.

Im Folgenden werden zunächst die Veränderungen der Gefäße bei Änderung der Blickrichtung dargestellt. Hierbei wird von der Stellung der Gefäße bei Blick nach caudal als Grundstellung ausgegangen. Nur in dem Fall mit Schielbewegung ist die Grundstellung die Gefäßstellung bei horizontaler Blickrichtung.

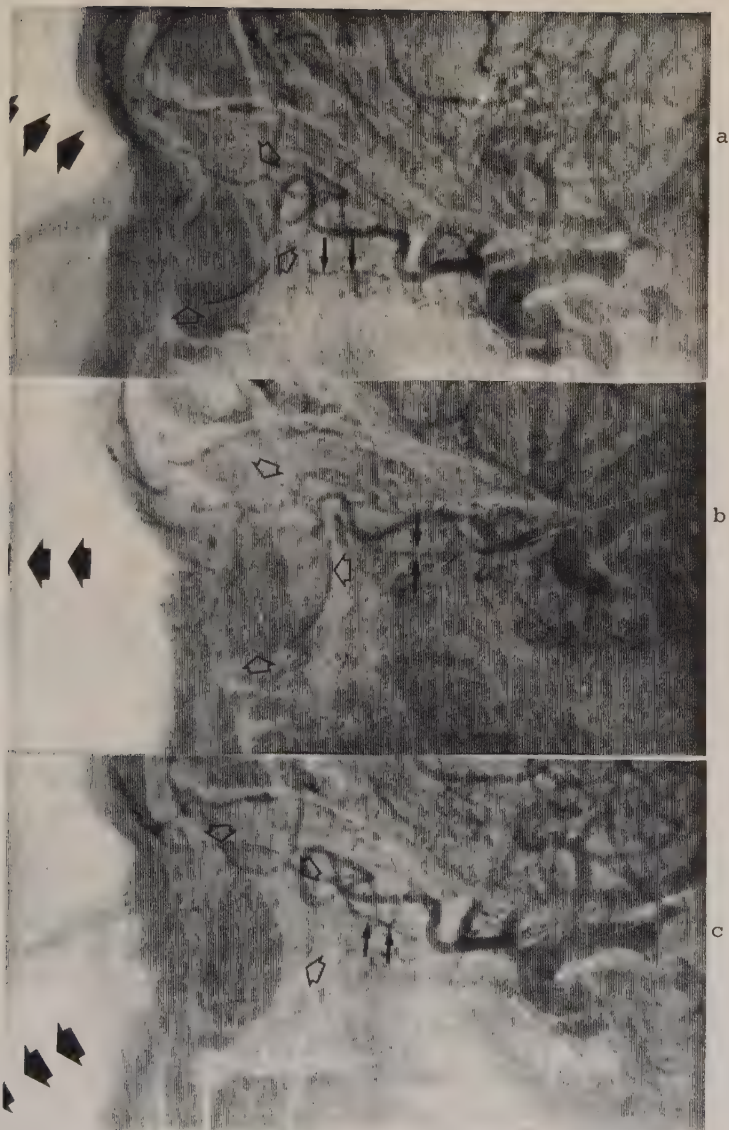


Abb. 11 a-c: Die A. ophthalmica und ihre Aufzweigungen
bei unterschiedlichen Blickrichtungen
offene Pfeile = Augenbulbuskontur,
Pfeile = A. centralis retinae

Im anschließenden Teil wird untersucht, ob bei Öffnung der zunächst geschlossenen Lider Lageänderungen der Gefäße zu beobachten sind.

Die Auswertung zeigt, daß ein Großteil der intraorbitalen Gefäßverläufe vielfältigen Veränderungen der Lage und der Verlaufsform unterliegen, daß aber in den extraorbitalen Abschnitten keine Bewegungsvorgänge stattfinden.

1. Konstante Gefäßverläufe

Zu den konstanten Abschnitten der Ophthalmica zählen der Abgang aus dem Carotissiphon, weiterhin der prä- und intrakanalikuläre Abschnitt des infraoptischen Segments. Auch der Beginn des postkanalikulären, intraorbitalen Abschnittes kann völlig unverändert bleiben.

Die Stelle, von der an die Ophthalmica bei Blick nach cranial Verlaufsänderungen erfährt, ist nur in einem Drittel der Fälle identisch mit dem Ort des Eintritts in die Orbita. In zwei Drittel der Fälle erfolgt die erste Lageänderung weiter intraorbital. Bei Schiel- und isolierter Lidbewegung bleiben das gesamte infraoptische und das laterooptische Segment, vom Abgang bis zum Ende der Kreuzung des Nervus opticus (Bend), unverändert.

Ein weiterer Fixpunkt ist das Ende der Rectus-Schlinge mit dem Abgang der A. ethmoidalis anterior, da dieses Gefäß nach kurzem intraorbitalen Verlauf in den knöchernen Canalis ethmoidalis eintritt. Diese Stelle im Verlauf der Ophthalmica bleibt bei 11 von 15 Untersuchten, bei denen auch die vordere Ethmoidalarterie hier abgeht, bei jeder Blickrichtungsänderung unverändert. Nur in 3 Fällen, in denen die Ethmoidalarterie nicht hier abgeht, sowie in einem Fall mit längerem intraorbitalen Verlauf des Gefäßes, wird das Ende der Rectus-Schlinge leicht nach caudal verlagert.

Wie die A. ethmoidalis anterior mit ihren Ästen, erfährt auch die A. dorsalis nasi als extraorbitaler Ast keine Lageänderung.

2. Änderungen bei Blickrichtungs- und Augenlidbewegungen

a. am Ophthalmicastamm

Die Veränderungen am Stamm bei Blickänderung in der sagittalen Ebene können den gesamten intraorbitalen Verlauf betreffen. Sie sind am stärksten ausgeprägt im retrobulbären Raum und bestehen meist beim Blick nach cranial in einer Verlagerung des Gefäßes nach caudal. Am postkanalikulären, intraorbitalen Abschnitt des infraoptischen Segments zeigen sich unterschiedliche Bewegungsvorgänge (Tab. 12). Nicht berücksichtigt sind in Tabelle 12 zwei Bewegungsstudien der Ophthalmica, in denen dieser Abschnitt infolge früher Kreuzung über den N. opticus fehlt (Abb. 12 a).

Tabelle 12: Verhalten des postkanalikulären Abschnitts des infraoptischen Segments bei Blickrichtungsänderungen in 11 Angiogrammen

	Blick nach cranial mit ohne Lidbewegung Fallz.		Schielbe- wegung Fallz.	Summe Fallz.
keine Veränderung:			1	1
Schwenkbewegung :	7	2		9
Streckung am Beginn:	1			1
Summe :	8	2	1	11

In 9 von 10 Fällen mit einer Blickänderung nach cranial erfolgt eine Schwenkbewegung eines vorderen, unterschiedlich langen intraorbitalen Anteils des infraoptischen Segments nach caudal. Der Drehpunkt liegt am Eintritt des Gefäßes in die Orbita oder weiter intraorbital. War in der Grundstellung in dieser Arterienstrecke eine Abknickung nach cranial vorhanden, so stellt sie sich jetzt gestreckt (3 Fälle) oder mit einem leichten Knick nach caudal (4 Fälle) dar. In zwei Angiogrammen mit geschlängeltem Verlauf tritt keine eindeutige Änderung ein.

Die Länge des nach caudal abbiegenden Arterienabschnittes ist abhängig vom Ort der Kreuzung des Nervus opticus. Bei vollständigem Bajonett (6 Fälle, Abb. 12 b) beträgt sie 5 bis 10 mm, bei fehlendem supraoptischen Teil (3 Fälle, Abb. 12 c) 11 bis 16 mm. Der Winkel, der bei dieser Schwenk- oder Drehbewegung überstrichen wird, beträgt 11° bis 17° .

Die Werte in 2 Fällen mit isolierter Blickrichtungsänderung, bei denen ein postkanalikulärer Abschnitt des infraoptischen Segments vorhanden ist, liegen dabei an der unteren Grenze des angegebenen Intervalls von 11° bis 17° . Die passive Verlagerung des Gefäßes ist hier, möglicherweise bedingt durch das Fehlen der Kontraktion des M. levator palpebrae, geringer.

Die beschriebene Schwenkbewegung ließ sich bei einem Patienten mit einer Augenmuskellähmung mit Schielstellung nach außen nicht feststellen.

Im laterooptischen Segment sind beim Blick nach cranial Veränderungen der Lage und auch der Form zu beobachten, die am besten am Angle und Bend ablesbar sind. In 11 Angiogrammen findet sich immer eine, mindestens teilweise Verlagerung des laterooptischen Segments nach caudal.



Abb. 12: Bewegungsstudie mit Blickrichtungsänderung in der sagittalen Ebene und Lidbewegung bei den drei Kreuzungsvarianten der Ophthalmica (a-c).

Gefäße und Bulbus

- bei Blick nach caudal, Lidschluß
- - - bei Blick nach cranial, Lidöffnung

Der Angle, die ausgeprägte Schlinge am Übergang zum laterooptischen Mittelteil des Bajonetts, wird in allen (9) Fällen, in denen er nicht unmittelbar am Apex orbitae liegt, nach caudal verlagert. Das Ausmaß dieser Verlagerung beträgt in 8 Angiogrammen 2 mm, in einem Angiogramm 1 mm. In den beiden Fällen, in denen der Angle unmittelbar am Apex orbitae, also am Eintrittspunkt in die Orbita gelegen ist, bleibt er ortskonstant. In diesen Fällen ist die Verlagerung nach caudal, die sonst den infraoptischen Verlauf betrifft, am "Bow", der nach vorn konvexen Schlinge im laterooptischen Verlauf, erkennbar (Abb. 12 a). Die Verlagerung beträgt hier, kurz nach Eintritt in die Orbita, 2 mm.

Am Bend ist in 10 von 11 Fällen eine Verlagerung nach caudal, wie schon am Angle und Bow, nachweisbar. Lediglich in einem Fall mit fehlendem supraoptischen Anteil des Bajonetts bleibt die Richtungsänderung im supraoptischen Verlauf, die dem Bend entspricht, ortskonstant. Der Grund hierfür ist möglicherweise, daß diese Schlinge schon an der medialen Wand der Orbita liegt, also eine Unterkreuzung des Sehnerven Typ I nach CLAY und VIGNAUD (1976) (3) gegeben ist.

In 10 Fällen mit Verlagerung des Bend nimmt die Höhe des Bajonetts beim Blick nach cranial siebenmal leicht ab. Die Verlagerung von Bend und supraoptischem Verlauf ist also ausgeprägter als diejenige von Angle und infraoptischem Verlauf. In 3 Fällen bleibt die Höhe unverändert. Die Winkel an Angle und Bend, die von den verschiedenen Ophthalmicasegmenten eingeschlossen werden, können in allen Fällen, in denen das laterooptische Segment verlagert wird, ohne bestimmten Regeln zu folgen, kleiner oder größer werden. Stärkere Änderungen der Verlaufsform sind nicht festzustellen.

Im ersten Abschnitt des supraoptischen Segments zwischen Bend und Anstieg der Rectus-Schlinge sind bei 13 Angiogrammen zu beobachten:

- beim Blick nach cranial in 11 Fällen eine Verlagerung nach caudal, die 2 bis 3 mm, einmal 4 mm beträgt, in einem Fall keine Veränderung,
- einmal, bei Schielbewegung, eine leichte Anhebung.

Bei fehlendem infraoptischen Teil kann dieser beim Blick nach caudal leicht nach cranial konvexe Verlaufsabschnitt durch die Verlagerung beim Blick nach cranial verkürzt erscheinen, dagegen der Anstieg der Rectus-Schlinge verlängert. Liegt ein vollständiges Bajonett vor, mit etwas kürzerem, nach cranial konkavem supraoptischen Teil, verschwindet die Konkavität in einem Fall, in dem die A. supra-orbitalis hier abgeht. In vier weiteren Fällen, in denen die A. muscularis inferior oder Ziliararterien nach caudal abgehen, nimmt sie zu.

Am ansteigenden Schenkel der Rectus-Schlinge zeigt sich vor allem eine Veränderung der Steigung. In allen Angiogrammen mit Blick nach cranial wird der Anstieg steiler. Die Zunahme der Steigung kommt dadurch zustande, daß sich der Scheitel nach dorsal und/oder caudal, der Abschnitt zwischen Bend und Anstieg der Rectus-Schlinge gleichzeitig nach caudal und/oder ventral verlagert. Die Höhe der Rectus-Schlinge, gemessen zwischen Scheitel und dem meist ortskonstanten Ende des absteigenden Schenkels, nimmt bei Verlagerung des Scheitels nach caudal (in der Hälfte der Fälle bei Blick nach cranial) ab. Bei Schielbewegung nimmt sie, infolge einer leichten Verlagerung des Scheitels nach cranial, ein wenig zu. Dagegen ist die Neigung des absteigenden Schenkels beim Blick nach cranial, infolge einer Verlagerung des Scheitels nach dorsal, in 11 von 12 Fällen geringer. Nur bei Schielbewegung bleibt sie konstant.

Der erste Abschnitt des extramuskulären Verlaufs zwischen Rectus- und Trochlea-Schlinge ist dorsal durch den Abgang der A. ethmoidalis anterior, ventral durch die Trochlea des M. obliquus superior relativ gut fixiert, so daß hier Veränderungen nur gering ausgeprägt sind (8 Angiogramme) oder völlig fehlen (bei Schielbewegung und in 4 Fällen mit isolierter Blickrichtungsänderung). In allen Angiogrammen, in denen neben der Blickrichtungsänderung eine Lidöffnung stattfindet, kann der Verlauf sowohl angehoben als auch abgesenkt sein. Die Verlaufsform ist in 4 von 8 Fällen, in denen eine Verlagerung stattfindet, abgesehen von einer geringfügigen Verkürzung infolge Zurückverlagerung der Trochlea-Schlinge, konstant. In den übrigen vier Fällen ist eine Bildung oder Verstärkung von Biegungen zu erkennen.

An der Trochlea-Schlinge selbst spielen sich bei allen beschriebenen Bewegungsvorgängen nur geringfügige Veränderungen ab. Bei Schielbewegung, ferner in einem Fall mit kombinierter Blick- und Lidbewegung sind keine Lageänderungen festzustellen. Eine Verlagerung nach dorsal oder cranial ist bei 7 Angiogrammen mit kombinierten bzw. 4 Angiogrammen mit isolierten Blickrichtungsänderungen vorhanden. Sie kann entweder die gesamte Trochlea-Schlinge oder nur Anteile von ihr betreffen. Die Veränderungen an der Trochlea-Schlinge sind nicht für die unterschiedlichen Bewegungen jeweils typisch. Lediglich die Verlagerung der gesamten Schlinge scheint auf die Fälle beschränkt zu sein, in denen auch die Blickrichtung geändert wird. Bei isolierter Lidöffnung dagegen erfolgt nur eine teilweise Verlagerung. Der Gefäßverlauf nach der Trochlea-Schlinge bis zur Endaufteilung erfährt in einem Teil der Fälle eine leichte Anhebung oder Streckung.

Als Ort der stärksten Verlagerung im gesamten intraorbitalen Verlauf ergibt sich zumeist der Übergang vom supraoptischen Teil des Bajonetts zum Anstieg der Rectus-Schlinge (Tab. 13).

Tabelle 13: Ort der stärksten Verlagerung der A. ophthalmica in Abhängigkeit von der Kreuzungsvariante (12 Fälle)

	fehl.infra- opt. Teil	vollständ. Bajonett	fehl.supra- opt. Teil	vollst. Bajonett	Summe Fall- zahl
Angle :			1		1
Bend :		1	2		3
Beginn d. Rectusschl:	2	5		1	8
Summe :	2	6	3	1	12

b) Änderungen am Augenbulbus

Der Bewegungsumfang des Augenbulbus, der sich in 11 von 12 Fällen mit Blickänderung in der sagittalen Ebene darstellt, wurde mit Hilfe des Winkels festgestellt, den die Sekanten der Sichel des Plexus chorioideus beim Blick maximal nach caudal bzw. cranial einschließen. Dieser Winkel liegt in 11 Fällen in einem Bereich von 56° bis 90°. Auffällig ist, daß der Augenbulbus bei Blickänderung in der sagittalen Ebene nur in 5 von 11 Fällen eine reine Drehbewegung vollzieht. In 6 Fällen erscheint er leicht nach facial oder facio-cranial verlagert (Abb. 12). Ursache hierfür ist möglicherweise der Zug der Mm. rectus superior und obliquus superior.

Bei Schielbewegung zeigt sich eine leichte Drehung des Augenbulbus nach cranial, die jedoch nur anhand des Eintrittspunktes der Zentralarterie in den Augenbulbus zu verifizieren ist. Diese Drehung dürfte durch ein gleichzeitiges, unwillkürliches Senken der Blickrichtung zustande kommen.

c) Änderungen an Aufzweigungen der Ophthalmica

Die A. centralis retinae ist nur in 11 von 13 Fällen mit Änderung der Blickrichtung dargestellt. Beim Blick nach cranial (10 Fälle) wird neunmal der gesamte Verlauf des Gefäßes vom Abgang bis zum Eintritt in den Bulbus nach caudal verlagert. Lediglich in einem Fall bleibt der Abgang des Gefäßes mit der infraoptischen A. ophthalmica unverändert, während der Verlauf bis zum Augenbulbus ebenfalls nach caudal verlagert wird. Eine Verlagerung nach cranial bei konstantem Abgang zeigt sich in dem Angiogramm mit Schielbewegung. Die Verlagerung der Zentralarterie ist, abgesehen von 2 Fällen, in Bulbusnähe stärker ausgeprägt als am Abgang von der Ophthalmica, so daß sie ebenfalls eine Schwenkbewegung, ähnlich derjenigen der infraoptischen Ophthalmica, ausführt. Der dabei überstrichene Winkel beträgt in 9 Fällen 10° bis 30° ; er verhält sich nicht proportional zum Ausmaß der synchronen Drehung des Bulbus beim Blick nach cranial.

Die Verlaufsform bleibt in 3 von 11 Fällen konstant (Abb. 12 b). In 5 Fällen wird eine Konkavität nach cranial ausgebildet oder verstärkt, in 3 Fällen werden Schlingen verstärkt oder abgeschwächt.

Die Aa. ciliares posteriores longae zeigen in etwa das gleiche Verhalten wie die Zentralarterie, also eine Verlagerung nach caudal, die in Bulbusnähe am stärksten ausgeprägt ist. Die Verlaufsform bleibt meist konstant.

An allen übrigen größeren Ophthalmicaästen, die im retrobulbären Raum abgehen, treten beim Blick nach cranial Verlagerungs- oder Dehnungsvorgänge auf, soweit die Äste nicht in der Nähe der knöchernen Wände der Orbita verlaufen.

Die meist von der supraoptischen Ophthalmica abgehende untere Muskelarterie wird, wie die A. supraorbitalis, beim Blick nach cranial, nach caudal verlagert. Schlingen werden abgeschwächt oder bleiben unverändert.

An der A. supraorbitalis ist, infolge einer Verlagerung des ansteigenden Abschnittes nach dorsal, das häufig schwanenhalsartige Bild des Anstiegs, beim Blick nach cranial oft nur noch schwach ausgeprägt.

Die A. lacrimalis, die in der seitlichen Aufnahmeprojektion am häufigsten zwischen supraoptischer Ophthalmica und Dach der Orbita aufzufinden ist, entspricht in ihrem Verhalten weitgehend der A. supraorbitalis. Allerdings liegt bei ihr auch der gesamte horizontale Abschnitt beim Blick nach cranial weiter dorsal. Die Verlaufsform bleibt meist unverändert.

Bei Schielbewegung ist an den genannten Gefäßen keine Verlagerung festzustellen. Nur die A. supraorbitalis verlagert sich, anders als bei Blick nach cranial, nach facial.

d) Änderungen an den Augenlidarterien

Anhand von zwei Fällen mit isolierter Lidbewegung und weiteren sieben Fällen mit kombinierter Bulbus- und Lidbewegung werden die Verlagerungen an den medialen Lidarterien analysiert. Die Veränderungen an den beiden Lidarterien zum Ober- und Unterlid sind sehr unterschiedlich. Die A. palpe-

bralis medialis inferior (APMI) verläuft beim geschlossenen Auge sehr steil absteigend, in den vorliegenden 9 Fällen in zwei unterscheidbaren Abschnitten zum Unterlid. Bei Lidöffnung mit Blick nach cranial kann ein unterschiedlich langer, oberer Abschnitt in seiner Lage unverändert bleiben. Dies läßt sich bei 4 Fällen beobachten (Abb. 12 c). Dreimal zeigt sich eine leichte Verlagerung nach dorsal. Der untere Gefäßabschnitt führt in 6 Fällen eine Schwenkbewegung um 10° bis 20° nach facial, nur in einem Fall nach dorsal aus. Bei isolierter Lidöffnung (2 Fälle) schwenkt der gesamte absteigende Abschnitt um den Abgang von der Trochlea-Schlinge nach facial (Abb. 13).

Bei der A. palpebralis medialis superior (APMS) kann der distale Anteil des absteigenden Abschnitts bei der Lidöffnung um bis zu 180° nach cranial schwenken und dadurch eine enge, nach oben offene, "U"-förmige Schlinge oder auch eine Schleife bilden (bei 6 von 9 Angiogrammen). Er kann aber auch beim geöffneten Auge eine einheitliche Verlaufsstrecke zeigen. Der anschließende, zum Lidrand parallele Abschnitt wird bei Lidöffnung immer stark nach cranial verlagert und steigt manchmal steil nach ventral an.

Auch bei isolierter Lidbewegung sind am Ophthalmica-Stamm und am Augenerbulbus Lageänderungen nachzuweisen. Sie entsprechen weitgehend denen beim Blick nach cranial. Die supraoptische A. ophthalmica bis zum Beginn des Anstiegs der Rectus-Schlinge und mit ihr der absteigende Teil der unteren Muskelarterie, wie auch die retrobulbären Gefäße (Zentral- und Ziliararterien) werden nach caudal verlagert. Allerdings ist der Bewegungsumfang geringer als beim willkürlichen Blick nach cranial. Ansteigender Teil und Beginn des horizontalen Teils der A. supraorbitalis werden nach dorsal verlagert.

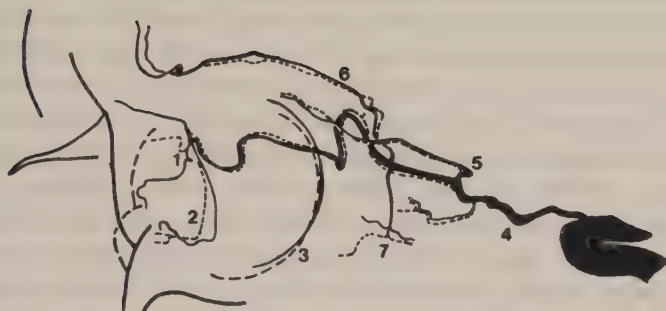


Abb. 13: Lageänderungen der Augen - und der Lidarterien bei isolierter Lidbewegung

— Gefäße bei geschlossenem Lid

--- Gefäße bei geöffnetem Lid

1 = A. palpebralis medialis superior,

2 = A. palpebralis medialis inferior,

3 = Bulbus, 4 = A. ophthalmica, 5 = A. lacri-

malis, 6 = A. supraorbitalis, 7 = A. muscula-

ris inferior.

Der Augenbulbus liegt in beiden Fällen isolierter Lidöffnung etwas weiter caudal als bei geschlossenem Lid.

V. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Die meisten Autoren, die sich mit der Radioanatomie der A. ophthalmica befaßt haben, beschränken sich entweder auf Einzelfallbeschreibungen mit Darstellung zumeist atypischer Abgangs- oder Verlaufsformen, oder sie übernehmen die Ergebnisse radioanatomischer Studien, die an Korrosionspräparaten (wie z.B. von HAYREH und DASS 1962) (18) gewonnen wurden. Eine ausführliche Beschreibung der A. ophthalmica und ihrer Aufzweigungen anhand von angiographischen Untersuchungen findet sich bei DILENCE und Mitarb. (1965) (15). Alle Analysen der Arterien berücksichtigen jedoch nicht, daß unterschiedliche Blickrichtungen und Lidbewegungen auch mit Lageänderungen an bestimmten Gefäßabschnitten einhergehen. Die Bewegungsstudien der Ophthalmica sollen deshalb nach der Radioanatomie gesondert besprochen werden.

1. Radioanatomie

Die A. ophthalmica als erster größerer Ast der A. carotis interna nach deren Austritt aus dem Sinus cavernosus entspringt vom Carotissiphon zumeist in Höhe der Processus clinoidi anteriores. Lediglich in 2 von 73 Fällen wurde ein intrakavernöser Ursprung gefunden, DILENCE gibt in seinem Untersuchungsgut bei einem von 100 Angiogrammen einen intrakavernösen Ophthalmicaursprung an. Die eigenen Beobachtungen lassen in nur 4 Fällen einen Abgang exakt in Höhe des Oberrandes der vorderen Klinoidfortsätze erkennen, in den übrigen Fällen lag der Abgang dicht ober- oder unterhalb der Processus clinoidi anteriores. Die anatomischen Studien von HAYREH und DASS belegen, daß in 83 % von 168 Präparaten ein subduraler Abgang unmittelbar nach dem Austritt der Interna aus dem Sinus cavernosus besteht, angiographische Untersuchungen lassen diese Bestimmung zur Dura nicht zu. Die Ophthalmica verläßt die Interna mit

leichten Biegungen. Im praekanalikulären Abgangsbereich unterscheidet DILENGE halbkreisförmige, geschlängelte und geradlinige Verlaufsformen. Eine Abbiegung der Arterie kurz nach dem Abgang wurde in allen 73 untersuchten Fällen nachgewiesen, ein exakt geradliniger Verlauf wurde dagegen in keinem Angiogramm beobachtet. Schwierigkeiten sind in der Zuordnung der einzelnen Gefäßabschnitte, prae-, intra- und postkanalikulär gegeben. Änderungen des Gefäßdurchmessers, charakteristische Verlaufsformen, sind Merkmale, die jeweils nur in einem Teil des Untersuchungsguts, sowohl beim Eintritt als auch beim Austritt aus dem Canalis opticus, vorhanden sind. Die Abnahme des Durchmessers der Ophthalmica, die nach DILENGE den Eintritt in den Canalis opticus kennzeichnet, ist zwar häufig nach der ersten praekanalikulären Richtungsänderung feststellbar, erfolgt aber oft allmählich. Der nur in 50 % der Angiogramme im Bereich des Canalis opticus geradlinige, in den übrigen Fällen bogige oder geschlängelte Arterienverlauf unterscheidet sich vom praekanalikulären nur deutlich, wenn gleichzeitig eine zweite praekanalikuläre Richtungsänderung vorliegt. Diese Änderung wird aber nur bei der Hälfte der Angiogramme gefunden. Für den Eintritt der Ophthalmica in die Orbita ist zwischen dem intra- und postkanalikulären Arterienabschnitt eher eine Abgrenzung möglich, da in 15 von 69 Fällen die Arterie sofort beim Eintritt in die Orbita den Nerven nach oben kreuzt, und da auch bei Fortsetzung des infraoptischen Verlaufs (in den Kreuzungsvarianten "vollständiges Bajonett" und "fehlender supraoptischer Teil des Bajonetts") zumeist eine Richtungsänderung oder plötzliche Zunahme des Gefäßlumens vorliegt.

Die Lage des laterooptischen Segments der intraorbitalen Ophthalmica im Verlauf nach facial ist bestimmend für die Art der im seitlichen Röntgenbild erscheinenden Variante der Kreuzung mit den Sehnerven. Nach anatomischen Studien (HAYREH 1962 (18), DILENGE 1965 (15), VIGNAUD 1972 (39)) sind drei Varianten der Kreuzung des N. opticus zu unter-

scheiden, die laterale Überkreuzung und zwei Typen einer medialen Unterkreuzung. Bei der lateralen Überkreuzung des Nerven weist die A. ophthalmica in der seitlichen Projektion den klassischen bajonettförmigen Verlauf auf. Sie wurde von HAYREH in 83 % seines Untersuchungsguts, nach VIGNAUD in 83 % aller 491 in der Literatur beschriebenen Ophthalmicaangiogramme gefunden.

Die mediale Unterkreuzung weist zwei Untergruppen auf,

- Typ I mit anatomisch vollständig infraoptischem Verlauf, hierbei zieht die Arterie von der Unterseite des Nerven unmittelbar zur medialen Orbitawand, und
- Typ II, bei dem die Arterie an der Medialseite des Nerven zu dessen Oberseite kreuzt und erst hierauf zur medialen Orbitawand hin verläuft.

Die beiden Gruppen der medialen Unterkreuzung kommen zusammen in 17 % vor (HAYREH 1962) (18).

Da die lateralen Aufnahmeserien die einzelnen anatomischen Varianten nicht eindeutig abgrenzen lassen, wird radiologisch eine Einteilung in zwei Gruppen vorgenommen, eine mit, die andere ohne Bajonettbildung der Ophthalmica (DILENCE 1965) (15). Verläufe der Ophthalmica ohne Bajonettbildung sollen hierbei der medialen Unterkreuzung Typ I entsprechen, die DILENCE in 8 von 100 Fällen fand.

Die eigenen Untersuchungen zeigen jedoch, daß auch in diesen Fällen immer eine Art von Bajonettform von der Arterie gebildet wird. Hierbei ist lediglich der Winkel an der zweiten Abbiegung (Bend) häufig stumpf und die Arterie geht sofort in den ansteigenden Schenkel der Rectus-Schlinge über, ohne einen supraoptischen Schenkel des Bajonetts zu bilden. Es wird deshalb eine eigene Einteilung in drei Gruppen vorgenommen, die sich durch die unterschiedlichen Formen des Bajonetts unterscheiden:

- erste Gruppe - vollständige Bajonettbildung
- zweite Gruppe - fehlender supraoptischer Teil des Bajonetts
- dritte Gruppe - fehlender infraoptischer Teil des Bajonetts

Diese Gruppen unterscheiden sich, wie anhand der Analyse des Quotienten Siphon-Angle / Angle-Bulbus festzustellen ist, durch den Ort der Kreuzung über den N. opticus. Hierbei entspricht die Gruppe mit fehlendem supraoptischen Teil des Bajonetts der Gruppe von DILENCE, in der er keine Bajonettbildung feststellen konnte. Die Varianten der Arterie mit fehlendem infraoptischen Anteil des Bajonetts (sogenannte frühe Kreuzung), die in 15 von 67 Fällen (22 %) zu finden ist, wird in der Literatur nicht von der Variante mit vollständigem Bajonett abgegrenzt. Die Lage des Angle, an dem das eigentliche laterooptische Kreuzungssegment der Ophthalmica beginnt, ist entscheidend für die Länge des infraoptischen Segments und damit auch für die Form der Kreuzung mit dem Sehnerven. Anders als bei VIGNAUD wurde hier nicht die Länge des postkanalikulären Abschnitts des infraoptischen Segments, die VIGNAUD mit 10 bis 15 mm angibt, gemessen, da der Eintrittspunkt in die Orbita häufig nicht eindeutig festzulegen war. Vielmehr wurde der vom Vergrößerungsfaktor unabhängige Quotient Siphon-Angle / Angle-Bulbus gebildet.

Die beiden Winkel des Bajonetts an Angle und Bend sind, wie von HAYREH beschrieben, in allen Fällen vorhanden, wenn auch der Winkel am Bend bei fehlendem supraoptischen Teil des Bajonetts in einigen Fällen nur sehr schwach ausgeprägt ist. Die erste Winkelbildung am Angle wird von HAYREH und DASS, auf die sich VIGNAUD bezieht, als stumpfwinklig in 45, als rechtwinklig in 32 und als spitzwinklig in 3 von 80 Fällen angegeben. Das eigene Untersuchungsgut zeigt ein anderes Ergebnis. Es wurden in nur 8 von 64 Fällen exakt rechtwinklige Abbiegungen, häufiger stumpf- oder spitz-

winklige Arterienbiegungen festgestellt. Hierbei spielen meßtechnische Faktoren ebenso eine Rolle wie die Tatsache, daß HAYREH den Verlauf der Ophthalmica nach Entfernung des Orbitadachs und demgemäß am Angle einen Winkel in der horizontalen Ebene bestimmt hat. Für die Höhe des latero-optischen Segments gibt VIGNAUD 3 bis 7 mm an, in eigenen Ergebnissen ließen sich 2 bis 10 mm nachweisen, wobei die Intervalle, je nach Art der Kreuzungsvariante, etwas höher oder niedriger lagen.

Untersuchungen des Durchmessers der Ophthalmica im Bereich des Abgangs aus der Carotis interna ergaben Werte von 0,5 bis 1 mm, KRAYENBÜHL (1979) (23) gibt 0,7 bis 1,4 mm an, DILENCE und LANG, zit. nach VORWOLD (1972) (34) 1,0 bis 1,5 mm. Eine infundibuläre Erweiterung am Abgang ließ sich in 4 von 62 Fällen beobachten, DILENCE gibt lediglich in einem Fall von 100 Angiogrammen eine Erweiterung an. Eine Abnahme des Gefäßdurchmessers vor oder bei Eintritt in den Canalis opticus ließ sich in mehr als der Hälfte der Angiogramme feststellen, gegenüber 24 mit konstantem oder zunehmendem Arterien Durchmesser. Das Gefäßlumen der A. ophthalmica nahm, was den Ergebnissen von DILENCE entspricht, beim Eintritt in die Orbita langsam oder plötzlich, im Verlauf bis zum Bend sogar über den am Abgang der Ophthalmica vom Carotissiphon gefundenen Durchmesser hinaus, zu. Anders als von DILENCE angedeutet, erfolgte auch in 30 % der Fälle im supraoptischen Segment bis zum Anstieg der Rectus-Schlinge noch eine Erweiterung.

Die Lage des Plexus chorioideus wurde nach LODIN und BERGSTRÖM (1967) (1) mit Hilfe des Quotienten Siphon-Bulbus / Sella-Nasion (Lage des Bulbus) bestimmt. LODIN und BERGSTRÖM fanden für diesen Quotienten Werte von links $< 0,51$, rechts $< 0,56$, während die eigenen Studien Werte von links $< 0,54$, rechts $< 0,57$ erbrachten.

Bei der Analyse der Äste der Ophthalmica ergab sich folgendes:

Die A. centralis retinae entspringt, worauf DILENCE (1965) (15) hingewiesen hat, radiologisch meist vom Angle. Sie kann aber, wie die Aa. ciliares posteriores longae von allen retrobulbär gelegenen Segmenten des intraorbitalen Verlaufs der Ophthalmica abgehen, so auch nach HAYREH (1962) (18).

Die Bestimmung der A. lacrimalis war, entsprechend den Ergebnissen der anderen Autoren, in 74 % der Angiogramme möglich. Der Abgang des Gefäßes ist in der lateralen Projektion meist am Bend, also unmittelbar vor Beginn des supraoptischen Verlaufs zu finden, was dem anatomischen Abgang von der superolateralen Seite des Nerven nach HAYREH (1962) (18) entsprechen dürfte.

Die A. supraorbitalis, die HAYREH in seinen Untersuchungen in 85 % fand, ist radiologisch seltener (in 63 %) zu bestimmen. Die A. muscularis inferior dagegen, die von HAYREH nie als selbständiger Ast gefunden wurde, war häufig als selbständiger Ast dargestellt. Ihr Abgang erfolgt, so auch bei SALAMON (1965) (36), im supraoptischen Segment. DILENCE (1965) (15) fand häufiger infraoptische Ursprünge.

2. Bewegungsstudien

Die Bedeutung der Bewegungsstudien liegt vor allem darin, daß sie zeigen, welche Arterienabschnitte der A. ophthalmica beweglich sind, und daß sie bei bestimmten intensierten Bewegungen typische Verlaufsänderungen erfahren. Retrobulbäre pathologische Prozesse, insbesondere Raumforderungen und größere Gefäßmißbildungen können zu Störungen der Beweglichkeit führen. Es sind jedoch mehrere Strukturen, die an den Augenbewegungen beteiligt sind und somit als Ursache einer gestörten Beweglichkeit der intraorbitalen Gefäße in Frage kommen. Beim Blick nach cranial zum Beispiel kommt es, vermutlich durch den Zug des oberen Augenmuskels, zu einer Drehung der Gefäßsichel des Augensulbus. Hierbei wird der N. opticus, der nach Austritt aus dem Canalis opticus im retrobulbären Fettgewebe gut be-

weglich ist, nach caudal verzogen. Da die A. opthalmica im Normalfall bis zum supraoptischen Teil des Bajonetts in der Bindegewebshülle des Nerven verläuft, wird sie mit ihm nach caudal verlagert. Die Gefäßverlagerung ist am ausgeprägtesten an dem Punkt, an dem die Arterie den Sehnerven verläßt. Als Ort der stärksten Verlagerung ergibt sich der Übergang vom supraoptischen Teil des Bajonetts zum Anstieg der Rectus-Schlinge bei vollständigem Bajonett und bei fehlendem infraoptischen Teil des Bajonetts. Bei fehlendem supraoptischen Teil des Bajonetts ist die zweite Biegung, der Bend, am stärksten von der Verlagerung betroffen.

Die Veränderungen bei Schielbewegung sind nur geringfügig. Dies dürfte darauf beruhen, daß sie vor allem zu Verlagerungen in der horizontalen Ebene führt, die in der seitlichen Aufnahmeprojektion der Angiogramme nicht deutlich werden. Die leichte Anhebung der einzelnen Ophthalmicaabschnitte wird vermutlich durch ein gleichzeitiges Senken der Blickrichtung mit Drehung des hinteren Bulbus nach cranial bewirkt.

Die isolierte Lidhebung führt zu einer Verlagerung der Ophthalmica nach caudal, vermutlich bedingt durch unwillkürliche Änderung der Blickrichtung nach cranial mit entsprechenden Augenbulbusdrehungen.

VI. Zusammenfassung

Anhand von 79 Vergrößerungsangiogrammen mit übersichtlicher Darstellung der A. ophthalmica werden nach Subtraktionskopien Abgänge und Verlaufsformen der A. ophthalmica untersucht.

Als normale Abgangslokalisation ist der abführende Schenkel des Carotissiphons zu erkennen. Der intraorbitale Gefäßverlauf wird je nach Ort der Kreuzung mit dem N. opticus untergliedert. Als häufigste Variante des intraorbitalen Verlaufs ist in 60 % der Angiogramme eine "vollständige Bajonettbildung" der Ophthalmica vorhanden. Verschiedene Messungen zur Eingrenzung der normalen Variationsbreite im infra- und laterooptischen Segment des Gefäßes werden in ihren Ergebnissen analysiert.

Hiernach folgt die Bestimmung des Plexus chorioideus und die Untersuchung der Äste der Ophthalmica mit typischen Abgängen und Verlaufsformen.

Nach den radioanatomischen Analysen wird anhand von 15 Angiogrammen aufgeschlüsselt, welche Lageänderungen am Ophthalmicastamm, am Augenbulbus, an Aufzweigungen der Ophthalmica und an Lidarterien vorliegen, wenn kombinierte oder isolierte Augenlid- bzw. Augenbulbusbewegungen ausgeführt werden. Die Angiogramme, die bei Bewegungsendstellungen z.B. geöffneten oder geschlossenen Augen, beim Blick nach cranial oder caudal angefertigt wurden, zeigen typische Lageänderungen. So ist der Stamm der Ophthalmica vom Eintritt in die Orbita an bis zum Ende der Rectus-Schlinge, und mit ihm die im retrobulbären Raum abgehenden Ophthalmicaäste von Lageänderungen betroffen. Die stärkste Verlagerung des Ophthalmicastammes ist im supraoptischen Verlauf, also unmittelbar nach Kreuzung mit den N. opticus, feststellbar. Ähnliche Lageänderungen der Arterien sind bei Lidbewegungen nachzuweisen, wohl weil diese mit unwillkürlichen Bewegungen des Augenbulbus einhergehen.

VII. LITERATURVERZEICHNIS

1. Bergström, K., Relationship between choroid
H. Lodin: plexus of eyeball and carotid
 siphon.
Acta radiol. Diagn. 453 - 458
(1967)
2. Buhl, H., Sehstörung bei Verschuß der
K.H. van de Weyer: zuführenden Augenarterien.
Münch.med.Wschr. 7, 323 - 327
(1965)
3. Clay, C., Apport de la carotide externe
D. Saint-Michel, à la vascularisation de
J. Vignaud, l'orbite.
J. Moret, Arch.Opht. (Paris) 6 - 7,
P. Lasjaunias: 475 - 490 (1976)
4. Clay, C., Angiographie orbitaire.
D. Saint-Michel, Conférences lyonnaises
J. Vignaud, d'Ophthalmologie 140, 5 - 21
J. Moret: (1979)
5. Decker, K.: Klinische Neuroradiologie.
 G.Thieme, Stuttgart, (1960)
6. Decker, K.: Die A. ophthalmica im Carotis-
 Angiogramm.
Fortschr.Röntgenstr. 82,
667 - 673 (1962)

7. Decker, K.: Ein Sichtwechsler vor einem Bildverstärker.
Fortschr.Röntgenstr. 125, 442
(1976)
8. Decker, K.,
H. Backmund: Angiographie des Hirnkreislaufs.
G.Thieme, Stuttgart (1968)
9. Decker, K.,
H.L. Keller: Varianten der A. carotis interna,
der A. meningea media und der
A. ophthalmica im Carotisangiogramm.
Fortschr.Röntgenstr. 95,
472 - 482 (1961)
10. Decker, K.,
B. Kunkel: Fortschritte in der zerebralen
Angiographie.
Fortschr.Röntgenstr. 127,
203 - 211 (1977)
11. Decker, K.,
B. Kunkel: Angiographie der Orbita.
Radiologe 21, 155 (1981)
12. Decker, K.,
H.J. Schlegel: Normbilder und Normvarianten der
Arteria ophthalmica im Röntgenbild.
Albrecht von Graefe's Arch.
Ophthal. 159, 302 - 310 (1957)
13. De Raad, R.: An angiographic study of the
course of the ophthalmic artery in normal and path. .
conditions. Brit.J. Radiol. 37,
826 - 832 (1964)

14. Dilenge, D.,
M. David,
H. Fischgold: Artère ophthalmique et tumeurs frontales intracrâniennes. Neurochirurgie 8, 379- 384 (1962)
15. Dilenge, D.,
M. David,
H. Fischgold: L'angiographie par soustraction de l'artère ophthalmique et de ses branches. Masson, Paris 1965
16. Gillilan, L.A.: The collateral circulation of the human orbit. Arch. Ophthal. 65, 684 - 694 (1961)
17. Handel, S.F.,
F. Stargardter,
M.G. Glickman,
T.H. Newton: Frequency of the ocular choroid blush at carotid angiography. Neuroradiology 6, 50 - 55 (1973)
18. Hayreh, S.S.,
R. Dass: The ophthalmic artery. II. Intraorbital course. Brit. J. Ophthal. 46, 165 - 185 (1962 b)
19. Hayreh, S.S.: The ophthalmic artery. III. Branches. Brit. J. Ophthal. 46, 212 - 247 (1962)
20. Hounsfield, G.N.: Computerized transverse axial scanning (tomography). Part I. Description of system. Brit. J. Radiol. 46, 1016 - 1022 (1973)

21. Krayenbühl, H.: The diagnostic value of orbital angiography.
Brit. J. Ophthal. 42, 180 - 190
(1958)
22. Krayenbühl, H.: The value of orbital angiography for diagnosis of unilateral exophthalmos.
J. Neurosurg. 19, 289 - 301
(1962)
23. Krayenbühl, H.,
M.G. Yasargil: Zerebrale Angiographie für Klinik und Praxis.
G.Thieme, Stuttgart (1979)
24. Kunkel, B.,
E.Th. Mayer: Risikoarme zerebrale Katheterangiographie.
Bayer. Ärztbl., Heft 6,
636 - 642 (1978)
25. Kuru, Y.: Meningeal branches of the ophthalmic artery.
Acta Radiol. Diagn. 6, 241 - 251
(1967)
26. Lang, J.: Über die Vaskularisation der Periorbita.
Gegenbaur's Morph. Jahrb., 121,
174 - 191 (1975)
27. Lanz, v. T.W.,
W. Wachsmuth: Praktische Anatomie.
Band Kopf und Hals, Band I,
Teil 2.
Spinger, Berlin, Heidelberg,
New York, 525 - 533 (1955)

28. Lasjaunias, P.,
J. Vignand,
A.N. Hasso: Maxillary artery blood supply to the orbit: Normal and pathological aspects.
Neuroradiology 9, 87 - 97 (1975)
29. Lombardi, G.: Ophthalmic artery anomalies.
Ophthalmologica (Basel) 157,
321 - 327 (1969)
30. Merland, J.J.,
R. Djondjian,
J. Bories: Superselective arteriography of the external carotid artery.
Advances in Cerebral Angiography, ed. by G. Salamon, 170 - 176
Springer, Berlin, Heidelberg, New York (1975)
31. Moret, J.,
J. Vignaud,
P. Lasjaunias,
D. Doyan: Recent progress in orbital arteriography.
Advances in Cerebral Angiography ed. by G. Salamon, 331 - 339
Springer, Berlin, Heidelberg, New York (1975)
32. Mosely, J.F.,
J.W.D. Bull: Computerized axial tomography, carotid angiography and orbital phlebography in the diagnosis of space-occupying lesions of the orbit.
Advances in Cerebral Angiography ed. by G. Salamon, 361 - 368
Springer, Berlin, Heidelberg, New York (1975)
33. Pollock, J.A.,
T.H. Newton: The anterior falx artery; normal and pathologic anatomy.
Radiology 91, 1089 - 1095 (1968)

34. Ross, W.,
F. Vorwold: Die rückläufigen Meningealäste
der A. ophthalmica.
Radiologie 12, 441 - 444 (1972)
35. Rothman, S.J.G.,
F.J. Kier,
W.F. Allen, III,
A.G. Pratt: Arteriographic topography of
orbital lesions.
Roentgenol. 122, 607 - 620 (1974)
36. Salamon, G.,
G. Guerinel,
R. Louis,
G. Guidicelli,
F. Finidori: Etude radio-anatomique de
l'artère ophthalmique.
Ann. Radiol. 8, 557 - 569 (1965)
37. Schürmann, K.,
N. Nakayama: Die Gefäßdarstellungen bei raum-
fordernden Prozessen der Orbita,
aus: Die gezielte Diagnostik raum-
fordernder Prozesse der Orbita.
Bücherei des Augenarztes 70,
pp. 43 - 54 (1976)
38. Vignaud, J.,
M.L. Aubin,
C. Clay: La vascularisation de l'orbite.
I. Arteriographie normale de
l'artère ophthalmique.
Am. Radiol. 18, 171 - 180 (1972)
39. Vignaud, J.,
M.L. Aubin,
C. Clay: Orbital arteriography.
Radiol. Clin.N.Amer. 10, 39 - 61
(1972)
40. Vignaud, J.,
C. Clay,
A.N. Hasso,
P. Lasjaunias: Orbital vascular anatomy and
embryology.
Radiology 111, 617 - 626 (1974)

41. Vignaud, J.,
C. Clay,
P. Lasjaunias,
G. Salamon: Vascular studies of the orbit -
magnification using 0,1 mm focal
spot.
Mod. Probl. Ophth. 14, 87 - 94
(1975)
42. Wende, S.,
A. Aulich: Computer-Tomographie der Orbita,
aus: Die gezielte Diagnostik
raumfordernder Prozesse der Or-
bita.
Bücherei des Augenarztes 70,
28 - 42 (1976)
43. Ziedses des
Plantes, B.G: Subtraktion.
G.Thieme, Stuttgart (1961 b)

Herrn Prof. Dr. Kurt Decker bin ich in tiefer Dankbarkeit für die Überlassung des Themas und die Einführung in das Gebiet der Ophthalmica-angiographie verbunden.

Mein Dank gilt auch Herrn Dr. Burkhard Kunkel, der mich über den technischen Untersuchungsablauf der zerebralen Katheterangiographie unterrichtete und mich beim Aufbau der Arbeit durch zahlreiche Hinweise unterstützte.

LEBENS LAUF

Ich wurde am 27. Oktober 1953 in Oberhaching bei München geboren, als Sohn des Landwirts Ludwig Ertl und seiner Frau Eva, geb. Redslob.

In Oberhaching besuchte ich 1959 - 1963 die Volksschule. Die weiteren Stationen meiner schulischen Laufbahn waren das humanistische Wilhelmsgymnasium in München (1963 - 1967) und das neusprachliche Albert-Einstein-Gymnasium in München, an dem ich 1972 das Abitur ablegte.

Nach Ableistung meiner Bundeswehrdienstpflicht wurde ich 1973 an der Juristischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München immatrikuliert und legte im Herbst 1977 das 1. Juristische Staatsexamen ab.

Inzwischen hatte ich mich an der Medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität immatrikuliert und konzentrierte mich in der folgenden Zeit auf das Studium der Medizin.

Nach der Ärztlichen Vorprüfung 1978 und den drei Teilen der Ärztlichen Prüfung, begann ich im Dezember 1983, nach Erlangen der Approbation, als Assistenzarzt an der Gefäßchirurgischen Abteilung des Städt. Krankenhauses Neuperlach meine praktische Ausbildung zum Arzt für Allgemeinmedizin. Seit April 1986 bin ich an der Kardiologischen Abteilung von Prof. Dr. Henselmann im Krankenhaus Neuperlach tätig.

